A close-up, profile view of a woman wearing a dark, textured hat with a wide, light-colored band. She has dark hair tied back with a green hair tie. She is wearing a thick, maroon-colored shawl. The background is blurred, suggesting an outdoor setting. A light-colored paper bag is visible in the bottom left corner.

LOS PÁRAMOS ANDINOS ¿Qué Sabemos?

ESTADO DE CONOCIMIENTO SOBRE EL IMPACTO
DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO



@Francisco Nieto, Colombia

La designación de entidades geográficas y la presentación del material en este libro no implican la expresión de ninguna opinión por parte del Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia, UICN, Tropenbos Internacional Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, Fundación Ecociencia, Instituto de Montaña o de otra organización participante respecto a la condición jurídica de ningún país, territorio o área, o de sus autoridades, o referente a la delimitación de sus fronteras y límites.

Los puntos de vista que se expresan en esa publicación no reflejan necesariamente los de UICN, Tropenbos Internacional Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, Fundación Ecociencia, Instituto de Montaña y del Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia.

Publicado por:
UICN, Quito, Ecuador

Derechos reservados:
© 2014 Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales.

Se autoriza la reproducción de esta publicación con fines educativos y otros fines no comerciales sin permiso escrito previo de parte de quien detenta los derechos de autor con tal de que se mencione la fuente.

Se prohíbe reproducir esta publicación para venderla o para otros fines comerciales sin permiso escrito previo de quien detenta los derechos de autor.

Citación:
Hofstede, Robert et. al. (2014). Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo. UICN, Quito, Ecuador.

Autores:
Robert Hofstede, Juan Calles, Víctor López, Rocío Polanco, Fidel Torres, Janett Ulloa, Adriana Vásquez y Marcos Cerra

Revisión del texto:
Karina Palacios, Paola Vargas y Verónica Moreno.

Diseño:
Sonia Terán

Fotografía de portada:
@Marcos Cerra, Ecuador

Disponible en:
www.uicn.org/sur

ISBN:
978-9978-9932-9-3

El Proyecto Regional Comunidades de los Páramos es ejecutado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, Oficina Regional para América del Sur) e implementada, a nivel nacional, por las siguientes organizaciones: Tropenbos Internacional Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, en Colombia, Fundación Ecociencia en Ecuador, e Instituto de Montaña, en Perú. Esta iniciativa se lleva a cabo con el financiamiento del Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia.



contenido



	Presentación	7							
1.	Introducción	8	6.2.	Cambios en la temperatura	61				
2.	Enfoque y metodología	11	6.3.	Cambios en la precipitación	63				
3.	El funcionamiento del ecosistema páramo	14	6.4.	Impacto sobre la biodiversidad y zonas de vida	65				
3.1.	Concepto y definición de páramo	14	6.5.	Impacto en el límite superior del bosque	69				
3.2.	Ubicación (MAPA)	16	6.6.	Impacto sobre glaciares	71				
3.3.	Diversidad y categorización de páramos	19	6.7.	Impacto sobre suelos e hidrología	72				
3.3.1	Criterio Geográfico	19	6.8.	Impacto sobre actividades productivas	76				
3.3.2	Criterio altitudinal	20	6.9.	Aspectos sociales, culturales y económicos	80				
3.3.3	Criterio bioclimático	21	7.	Instituciones, actores y sus actividades de investigación sobre los páramos.	84				
3.3.4	Criterios combinados	22	7.1.	Colombia	84				
3.4.	Historia geológica	23	7.2.	Ecuador	85				
3.5.	Suelos	24	7.3.	Perú	87				
3.6.	Clima	27	7.4.	Venezuela	88				
3.7.	Hidrología	31	7.5.	Costa Rica/Panamá	89				
3.8.	Biogeografía	33	7.6.	Regional (andino-suramericano)	90				
3.9.	Paleo-biología: límite de bosque	34	7.7.	Resto del mundo (Europa - Norte América)	91				
3.10.	Flora	38	8.	Análisis de los temas, avances y vacíos en la investigación sobre los páramos.	95				
3.11.	Fauna	41	8.1.	Características del cambio climático	95				
4.	La gente y el páramo: la construcción de un socio-ecosistema	44	8.2.	Origen, distribución y delimitación de los páramos	96				
4.1.	Historia de interacción entre páramo y sociedad	44	8.3.	Biodiversidad del páramo y su relación con el cambio climático	96				
4.1.1.	Época prehispánica	44	8.4.	Funcionamiento del páramo y su relación con el cambio climático	97				
4.1.2.	Época de colonia	45	8.5.	Impacto humano y manejo de páramo	98				
4.1.3.	Época republicana	46	8.6.	La socio-economía del páramo	99				
4.1.4.	Situación actual de la sociedad de páramo	48	8.7.	Cultura, gobernanza y política	100				
4.2.	Tenencia de tierra	49	9.	Discusión y conclusiones	102				
4.3.	Cultura de páramo	50	9.1.	Lo que sabemos y no sabemos del páramo	102				
5.	Impacto de actividades humanas en el páramo	53	9.2.	Lo que sabemos y lo que no sabemos del impacto del cambio climático en páramos	104				
5.1.	Tipos de uso de la tierra	53	9.3.	El cambio climático frente a otros desafíos para el manejo sustentable de los páramos	108				
5.2.	Impacto de la ganadería	53	10.	ANEXO: BIBLIOGRAFÍA RECOPIADA PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO	110				
5.3.	Impacto de quemas	55							
5.4.	Impacto de cultivos	57							
5.5.	Impacto de la forestación	59							
6.	Impacto del cambio climático sobre el socio-ecosistema páramo	61							
6.1.	Evidencias de cambio climático en los páramos	61							



@Marcos Cerra,Ecuador

Presentación

La presente publicación forma parte de los resultados del proyecto regional “Comunidades de los Páramos”, financiado por el Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia (MAEF) y ejecutado por la Oficina Regional para América del Sur de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en alianza con Tropenbos Internacional Colombia, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (Colombia), el Instituto de Montaña (Perú) y la Fundación Ecociencia (Ecuador).

Este proyecto tiene como finalidad contribuir a la conservación de los ecosistemas de páramo andino, tanto por los valores naturales y culturales que atesora como por las funciones ecosistémicas que cumple y que son de vital importancia para la población que desarrolla su vida en estos espacios así como para otros ecosistemas y poblaciones humanas localizadas fuera. En este contexto el objetivo planteado para el desarrollo de este proyecto ha sido el de “fortalecer el aprendizaje e intercambios entre países y desarrollar las capacidades de los actores locales y decisores a nivel local, nacional y regional para implementar acciones de adaptación al cambio climático en los páramos de Colombia, Ecuador y Perú”.

Dentro de este marco de intervención, el documento que aquí se presenta, describe el estado del arte en materia de páramos a nivel regional dándole especial atención a los efectos del cambio climático; presentando una visión panorámica de conocimiento desarrollado hasta el momento y las tendencias en la investigación impulsadas desde el ámbito científico, así como las áreas y temas sobre los cuales hay carencia en el desarrollo de información.

El cometido principal de este trabajo es el de contribuir a la ampliación y difusión del conocimiento científico de los páramos andinos y de los efectos que el cambio climático tiene sobre estos ecosistemas para promover su conservación y medidas de adaptación adecuadas para la población que los habita. Para ello se ha sistematizando la información analizada para hacerla accesible a las personas que realizan investigación o trabajo en este campo, los tomadores de decisiones y los habitantes de los páramos.

1 Introducción

Los páramos forman una eco-región neotropical de altura, entre el límite forestal superior y las nieves perpetuas. Se encuentran distribuidos a lo largo de los Andes húmedos entre Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela, con extensiones hasta Costa Rica y Panamá. Los páramos tienen una importancia fundamental para millones de personas y representan una multiplicidad de significados y valores: hábitats en los que se encuentran especies endémicas, ecosistemas capaces de brindar servicios ambientales fundamentales (agua principalmente), espacios de importancia cultural, entre otros. Así: “Los páramos constituyen espacios de vida y territorios sagrados para los pueblos indígenas que habitan en o alrededor de ellos, además de lo cual juegan un papel fundamental en la subsistencia de diversas poblaciones tradicionales y locales asentadas en las zonas altas de las montañas [son ejes] de cohesión social y [determinan] los modos de vida de los habitantes de las tierras altas” (Maldonado & de Bievre. 2011).

Actividades económicas como cultivos agrícolas, ganadería, plantaciones forestales, minería, manejo inadecuado del agua y expansión urbana en crecimiento, plantean riesgos severos para la integridad de los páramos y sus servicios ecosistémicos. Adicionalmente, los fenómenos asociados al cambio climático (aumento de temperatura, diferentes regímenes de precipitaciones y nubosidad)

pueden aseverar esta presión y causar mayores impactos tanto en la funcionalidad y la estructura del ecosistema como en sus aspectos sociales y culturales.

El impacto directo de las actividades humanas sobre el ecosistema ha sido sujeto de estudios durante las últimas décadas, con lo cual se ha generado un importante volumen de conocimiento técnico. Mucho menor ha sido el conocimiento sistematizado sobre los aspectos sociales, económicos y culturales del paisaje económico (Mujica. 2011). Adicionalmente, existe una gran incertidumbre sobre la magnitud de los efectos ambientales y sociales que tiene el cambio climático global sobre los páramos; lo que se sabe con certeza es que el impacto del cambio climático global es mayor en los ecosistemas de alta montaña que en la mayoría de los otros ecosistemas tropicales (Beniston et al. 1997, Price. 2006). Las principales preocupaciones giran en torno a cómo se distribuirá el ecosistema en el futuro, cómo ocurre la interacción entre el cambio climático y los procesos socio-económicos y cómo seguirá cumpliendo el páramo sus funciones ecosistémicas. Estos impactos tienen que ver directamente con la vida y el sustento de las poblaciones humanas que dependen de este ecosistema pero también con poblaciones que, situándose geográficamente fuera de estos espacios, incluso a grandes distancias, se benefician de sus funciones ecosistémicas en temas

tan básicos como el abastecimiento de agua dulce.

El conocimiento de los procesos que se desarrollan dentro del páramo se convierte, por tanto, en un elemento fundamental para comprender, prever y minimizar los efectos negativos del cambio climático, tanto a nivel ecológico como a nivel social. En este sentido, los diferentes estudios que se están llevando a cabo desde las múltiples disciplinas científicas y desde la variedad de instituciones a diferentes niveles que favorecen y apoyan las investigaciones, son herramientas fundamentales para tomar medidas adecuadas para la reducción de los impactos que propicien la adaptación de las poblaciones a los cambios sin generar situaciones traumáticas, conservando el páramo y sus funciones ecosistémicas

La generación de información de carácter científico del páramo andino ha ido creciendo en los últimos años. Un análisis rápido en Google Scholar (www.scholar.google.com; enero 2013) refleja esta tendencia: de las 1.485 publicaciones encontradas con la palabra “páramo” en el título (excluyendo Páramo como apellido), en cualquier idioma, más de la mitad (778) fueron publicadas después del 2000, y de éstas, 157 después del 2010 (Hofstede, en prensa b). Originalmente, existía una mayor actividad académica en disciplinas naturales pero, desde hace unas décadas, el páramo también es estudiado desde las

disciplinas sociales (Mujica. 2011), lo cual refleja que el páramo está ubicándose cada vez más en el centro de la atención pública. Esto se debe a tres razones: la primera, la conciencia de la importancia de los servicios ecosistémicos que presta el páramo y las amenazas de parte del cambio climático y la minería; la segunda, una mayor conciencia sobre la importancia del páramo para la sociedad, que ha impulsado proyectos grandes -de carácter regional- que apoyaron procesos de investigación y congresos sobre varios aspectos del páramo (ej. el Proyecto Páramo Andino; Crespo Coello. 2013); la tercera, el fuerte crecimiento en la actividad minera en los páramos y la consiguiente preocupación por su impacto social y ambiental, hechos que han movilizad o grandes grupos de la sociedad y han constituido un impulso indirecto a un gran programa para delimitar los páramos en Colombia -actualmente el programa de mayor investigación en el tema-. La preocupación e incertidumbre sobre el cambio climático han sido el origen de los estudios que se sistematizan en el presente trabajo.

El volumen de investigación acerca de los páramos ha aumentado y se ha diversificado considerablemente durante las últimas dos décadas (Llambí et al. 2013, Hofstede, en prensa). Esto ha generado debates de carácter político y exigido información científica para alimentar estos debates. Por otro lado, la producción

2 Enfoque y Metodología

científica de los países andinos en general ha crecido y donde en el siglo XX fueron principalmente universidades y científicos europeos y norteamericanos que publicaron sobre el páramo, ahora hay una producción científica andina mucho mayor.

Es evidente el creciente volumen de información sobre páramos; éste aparece disgregado debido a la multiplicidad de investigadores e instituciones (universidades, ONGs, centros de Investigación, etc.) que realizan estos trabajos, lo cual comporta cierta dificultad en sistematizar el corpus. El presente trabajo busca construir un documento de referencia que analice el estado del arte a nivel regional y de país en lo referente a la generación de información científica sobre los páramos, poniendo especial interés en los efectos que el cambio climático global tiene o pudiera tener en estos espacios, para acercar los resultados de la investigación científica a la población, a los tomadores de decisiones y a la comunidad científica interesada en el tema.

Este documento presenta el avance de la investigación científica en el páramo, con énfasis en el impacto de cambio climático sobre el ecosistema y la sociedad en directa relación con él. Basado en un análisis del estado de conocimiento (dentro del proyecto Comunidades de los páramos de la UICN), se han inventariado las instituciones e investigadores que actualmente

implementan investigaciones en páramo y sus programas y proyectos de investigación. Se elaboró un mapeo de actores y caracterización del tipo de investigación puesta en marcha para poder presentar una visión panorámica respecto del énfasis temático de las tendencias de investigación que impulsa el mundo científico así como de las áreas en las cuales hace falta información en el tema de páramos y cambio climático.

Este análisis se hace en el marco del proyecto “Comunidades de los páramos”, que tiene como objetivo contribuir a la conservación de los ecosistemas del páramo andino como unidad ecológica de especial importancia, tanto por los valores naturales y culturales que atesora como por las funciones ecosistémicas que tiene y que son de una importancia vital tanto para la población que desarrolla su vida en estos espacios como para ecosistemas y poblaciones humanas localizadas fuera. Este ecosistema de páramos andinos se encuentra especialmente amenazado por el cambio climático global.

Con la finalidad de enfrentar estas amenazas, parte del proyecto consiste en fortalecer el aprendizaje y los intercambios de experiencias entre países para desarrollar las capacidades de los actores y decisores a nivel local, nacional y regional con las cuales implementar acciones de adaptación al cambio climático en los páramos de Colombia, Ecuador y Perú.

El presente documento trata del análisis de la producción de conocimiento científico sobre el socio-ecosistema del páramo, por esta razón se han tomado como fuentes de información múltiples publicaciones de amplia distribución y disponibilidad, generalmente artículos en revistas científicas o semi-científicas y libros editados. Se han considerado también algunas fuentes electrónicas, informes técnicos y memorias de congresos que incluyen conocimiento publicado de gran valor.

En esta actividad, se asume el término “científico” con el significado de que es un conocimiento basado en datos recopilados, analizados y publicados de forma objetiva, crítica, sustentada y validada por parte de pares. No es únicamente el conocimiento producido desde las universidades o centros de investigación sino también el conocimiento tradicional y vivencial producido en la práctica de campo, por comunidades, campesinos, funcionarios de organizaciones gubernamentales o no gubernamentales y otros actores no académicos, siempre y cuando cumpla con el criterio de que la recopilación, análisis y publicación, sean objetivos, críticos, sustentados y validados. Con validación por parte de pares se entiende que la publicación del conocimiento pasó por un proyecto independiente de revisión y comentario.

Se busca analizar tanto las fuentes como la información que se genera a nivel regional para, por un lado, tener una idea clara de qué es lo que se está haciendo en cada país, cuales son las instituciones que realizan este tipo de trabajos de investigación y obtener las referencias para acceder a dicha información. Por otro lado, se pretende definir hacia donde se están dirigiendo los esfuerzos en la región con el objeto de identificar y valorar los vacíos que existen. Sobre esta base se ha construido este documento de referencia que analiza el estado del arte a nivel regional en lo referente a la generación de información científica sobre los efectos que el cambio climático global tiene o pudiera tener en el páramo, para acercar los resultados de la investigación científica a la población, a los tomadores de decisiones y a la comunidad científica interesada en el tema. Se propone que el proyecto “Comunidades de los páramos” pueda mantener comunicación con estos actores, integrar su conocimiento y estimular generación de más investigación para llenar los vacíos de conocimiento.

El segundo aspecto del análisis de conocimiento es la identificación y valoración de instituciones de investigación, investigadores independientes u otros organismos que generan y/o almacenan información científica sobre los páramos andinos dentro de cada uno de los países. Se identifican los actores que intervienen en el campo de investigación en páramo,

su disciplina y área geográfica de acción, sus redes de colaboradores, su historia y sus programas a futuro. Los actores que se analizaron para este ejercicio son instituciones u organizaciones que producen conocimiento según los criterios descritos anteriormente. Son universidades, centros de investigación y ciertas ONGs o agencias gubernamentales. Junto a ello, existen personas a título personal cuyo conocimiento científico sobre páramo ha sido considerado válido incluir para este análisis.

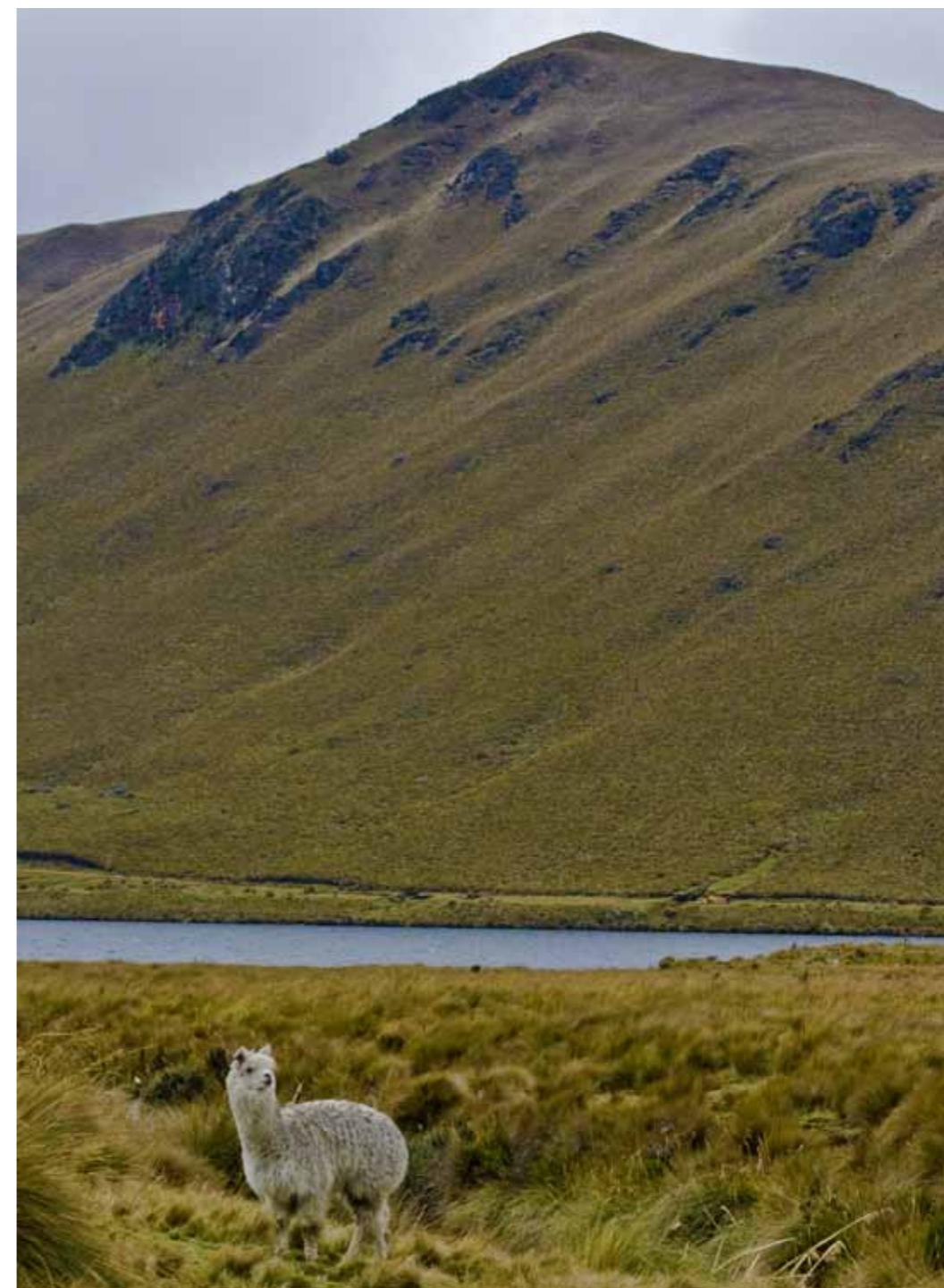
Para la segunda parte de este trabajo, se efectuó un inventario y análisis del conocimiento científico sobre el efecto del cambio climático en el páramo, desde diferentes disciplinas. Se espera que este conocimiento ayude a evidenciar lo que se sabe y lo que no se sabe sobre el cambio climático en páramos, para que el proyecto “Comunidades de los páramos” disponga de esta fuente de información para desarrollar, en su próxima fase, escenarios de posible impacto a futuro que enfrentarían las comunidades involucradas en el proyecto.

Los compiladores de esta información recolectaron todas las publicaciones relevantes a nivel nacional e internacional (publicadas dentro y fuera de los tres países de estudio), mediante búsquedas en bibliotecas de diferentes instituciones y en Internet. Contactaron directamente a investigadores individuales y

organizaciones que hacen investigación en páramo para conocer sus actividades actuales y sus programas de estudios. Como resultado, se construyó una base de datos de literatura (incluida como anexo en el presente documento), de investigadores y de organizaciones, así como, una colección de literatura en formato digital, todas ellas disponibles en el portal de Conservación y Equidad Social de UICN-Sur (<http://www.portalces.org/>).

La recopilación de información e identificación de actores a nivel nacional fue realizada por personas asociadas a la Fundación Tropenbos Internacional (Colombia), la Fundación Ecociencia (Ecuador) y el Instituto de Montaña (Perú). Un consultor experto en el tema desarrolló estas mismas actividades a nivel global e integró la información en el presente documento.

De esta manera, con estos insumos principales (la recopilación y análisis de literatura y el mapeo y valoración de actores) se ha conseguido obtener una visión general del avance en el conocimiento del páramo; cuales son los temas, áreas, y disciplinas que han sido cubiertos, de qué forma y dónde y quiénes son los actores que llevan adelante la generación de este conocimiento. A partir de aquí, se han podido definir también los vacíos en temas y áreas geográficas para recomendar desarrollos futuros en el campo de la investigación en páramo.



@Marcos Cerra, Ecuador

3 El funcionamiento del ecosistema páramo

3.1. Concepto y definición de páramo

El páramo es un concepto europeo, aplicado a un bioma tropical. Como describe Reyes (1995), los parámetros de la civilización europea dieron nombre nuevo a las altas montañas ecuatoriales. No sólo fueron «bautizadas» con una voz celta acogida por el latín (Vareschi, 1970) y transmitida a las lenguas romances donde páramo significa meseta desértica y árida batida por el viento; sino que su nueva definición, procurando conceptualizar los biomas ecuatoriales de alta montaña, estuvo condicionada por las características de las montañas mediterráneas, principalmente los Alpes. Este origen europeo del concepto “páramo” se mezcló con el concepto “urku” (Ecuador) o “jalca” (Perú) que los pueblos americanos manejan para sus cerros. Las discrepancias entre conceptos causan discrepancias en interpretación hasta hoy en día tales como las que se producen por el esfuerzo (justificado o no) de buscar diferencia entre páramo y jalca, por ejemplo, o de buscar una distinción entre páramo y bosque donde los pueblos nativos están viendo un sólo territorio montañoso.

El concepto “páramo” es tan complejo que es difícil definirlo. El páramo es un ecosistema, un bioma, un paisaje, un área geográfica, una zona de vida,

un espacio de producción e inclusive un estado del clima. Además, el valor y el significado del mismo pedazo de páramo pueden ser muy distintos para el campesino que pasta sus animales o para el biólogo que estudia un bicho dentro de la paja. Esta complejidad de sentidos y de visiones refleja la gran importancia del páramo pero a la vez es el origen de muchos malentendidos y hasta de malas intenciones por parte de ciertos grupos de interés. De la misma manera, por ser un término tan complejo, descriptivo de diferentes sujetos similares y con anotaciones históricas, académicas, políticas y culturales, es muy difícil definir lo que realmente es un páramo (Medina & Mena 2001).

Si bien el concepto general de páramo es claro (ecosistema de alta montaña del trópico húmedo, dominado por vegetación abierta y ubicado entre el límite del bosque cerrado y las nieves perpetuas), su definición exacta varía, lo cual dificulta saber exactamente lo que se considera páramo en algún lugar determinado.

Rangel (2000) lo define como región natural por la relación entre el suelo, el clima, la biota y la influencia humana. Esto indica que existen varios procesos que interactúan y resultaría difícil poner un límite entre el páramo y sus

ecosistemas vecinos más al norte, más al sur y más abajo en la montaña. También existe una dinámica temporal, que ha resultado en mayor o menor extensión de páramo por efectos climáticos o humanos. Además, la perspectiva personal influye en la definición: para un campesino que vive en la alta montaña, el páramo no es un ecosistema definido por características ecológicas y geográficas sino un territorio de vida en el cual ejerce todas sus actividades productivas y reproductivas (Hofstede en prensa c).

Por esto, Reyes (1995) menciona que no se debe preocupar la síntesis definitoria de los paisajes y ecosistemas parameros, cuando se sabe que el reduccionismo y la simplificación se esconden detrás de las definiciones, las cuales se consideran desde siempre incompletas. Por ello, proponen avanzar sobre la base de la formulación de conceptos a partir de los cuales la realidad analizada puede ser conocida y preferencialmente comprendida. El concepto de páramo incorpora múltiples elementos, factores, límites, zonificaciones, herencias, perturbaciones, migraciones, biomas, fisionomías, estructuras, funcionamiento, evolución y configuraciones, y por esto ninguna definición es perfecta.

La definición más amplia: un ecosistema húmedo tropical zonal, caracterizado por una vegetación dominada por vegetación herbácea y arbustiva, y ubicada predominantemente a partir del límite superior del bosque (Cuatrecasas 1958, Monasterio & Molinillo 2003, Rangel 2000), es también la más práctica para aplicar a la mayoría de los lugares que se consideran páramo. Sin embargo, fenómenos como la existencia de gradientes complejos entre bosque y páramo, la dinámica temporal del límite de bosque y la influencia humana que ha modificado el páramo, hacen que la aplicación de la definición en el campo sea difícil y su delimitación precisa, una tarea compleja.

Para la delimitación actualmente en progreso en Colombia, Rivera & Rodríguez (2011) establecieron unos principios generales y algunos criterios biogeofísicos, socioculturales y de integridad ecológica. Los principios se refieren a la aplicación de la política ambiental e incluyen la protección de funciones y servicios ecosistémicos, el mantenimiento de la integridad ecológica, el reconocimiento de los páramos como parte de la estructura ecológica principal a diferentes escalas, el respeto a la consulta previa y participación social y por último, la facilitación a los procesos de adaptación al cambio climático.

3.2. Ubicación



Hofstede, R., Segarra, P. & Mena Vásconez, P. 2003. Los páramos del mundo. Quito: IUCN, Global Peatland Initiative, Eciociencia. 299 pp.

En América del Sur, los páramos forman un corredor interrumpido o un "collar de perlas" (Balslev. 2001) entre la Cordillera de Mérida en Venezuela hasta la depresión de Huancabamba en el norte del Perú, con dos complejos más separados, los páramos centroamericanos en Costa Rica y Panamá y la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia. En el sur, existe la continuidad hacia la jalca peruana.

Colombia tiene una superficie aproximada de 1'932.987 hectáreas en el 1,7% de su territorio continental. Se extienden sobre toda la extensión Andina y la Sierra Nevada de Santa Marta. Con excepción de algunos complejos en las cordilleras Oriental (donde hay más páramo) y central, los páramos tienen una distribución discontinua. Especialmente en la cordillera Occidental, forman una serie de pequeñas extensiones sobre las cumbres de las montañas. Dependiendo de la zona, los páramos se pueden encontrar desde los 3000 msnm., pero inclusive existen páramos azonales desde los 2500 msnm (ej. en el Valle de Guamuéz, Nariño-Putumayo; Morales et al. 2007).

El mapa de ecosistemas de páramo determinó una extensión aproximada de 1'337.119 hectáreas en el Ecuador, que representa el 5% del territorio nacional (Beltrán et al. 2009). En Ecuador, los páramos se ubican a lo largo de las cordilleras Oriental y Occidental de los

Andes. Se extienden desde el límite con Colombia al norte hasta el límite con Perú al Sur. La Cordillera Oriental tiene la mayor extensión de páramo, formando un complejo prácticamente sin interrupción desde Carchi hasta Cañar. En la Cordillera Occidental la extensión es más fragmentada, aunque aquí también existe un complejo grande entre las provincias de Tungurahua, Chimborazo y Bolívar. En el centro y norte del país, los páramos generalmente se ubican encima de los 3500 metros, mientras que en las provincias del sur (Azuay, Loja) se encuentran páramos a los 3000 msnm por las características más bajas de la Cordillera de los Andes en esta zona.

En Perú, el páramo de la sierra piurana es algo diferente al páramo que se conoce en el Ecuador y más al norte en Colombia, con vegetación más baja semejante a la jalca hacia el centro y sur del departamento de Cajamarca. Perú es el país donde tradicionalmente existe mayor confusión en el concepto del páramo. De un lado, en la Sierra de Piura la palabra "páramo" designa la neblina o lluvia fina que cae en la parte alta de la Cordillera de los Andes (Hocquenghem. 1998). Además, la fisonomía del páramo peruano tiene mucha similitud con la jalca más al sur. Sin embargo, desde el punto de vista de composición florística y la biogeografía, generalmente se les considera ecosistemas diferentes (Sánchez. 2012). El Instituto

de Montaña, en un inventario reciente, determinó que la extensión de páramo propiamente dicho en Perú es 46.184 hectáreas.

En Perú, el páramo se localiza en las alturas de la Cordillera de los Andes y la Cordillera del Guamaní entre los 3,000 y 3,600 msnm. Cubren las cumbres que drenan hacia las cuencas de los ríos Calvas, Quiroz, Piura, Huancabamba y Chinchipe (Hocquenghem. 1998). Generalmente se considera la depresión de Huancabamba como el límite entre páramo y jalca; por ende, los páramos del territorio peruano se distribuyen en la sierra alta de las regiones de Piura y Cajamarca, son muy complejos y su composición florística y otros aspectos aún requieren de mayor estudio (Sánchez. 2012). La transversal o deflexión Huancabamba (2144 msnm) define el límite meridional significativo entre los andes centrales y los norteños del Perú. Marca un cambio en la orientación del eje general del sistema andino que influye sobre la circulación del viento y de las corrientes marinas, determinando en parte el clima particular de este territorio y una especial diversidad de sus bosques de neblina y páramos (Hocquenghem. 1998, Sagástegui et al. 1999).

En Venezuela, el ambiente de páramo se distribuye por la Cordillera de Mérida, serranía de Tamá, serranía de Trujillo y Sierra de Perijá. Ocupa una superficie

aproximada de 266.000 has, de las cuales el 75% se encuentra en el Estado Mérida con casi 200.000 has. Se identifican 121 sitios de páramo en la zona andina venezolana. Una buena parte de los sitios de páramo se ubica por encima de los 3.000 msnm, pero en el sur del Estado Mérida, en el centro-sur del Táchira y en los límites Trujillo-Lara, muchos de los sitios se encuentran por debajo de los 3.000 msnm (Monasterio & Molinillo 2003).

La distribución del páramo sobre los Andes venezolanos es netamente insular. Un gran núcleo central continuo ocupa las principales sierras (Sierra Nevada, La Culata, y Santo Domingo en Mérida y serranía de Trujillo). Entre ellos se destacan los páramos húmedos de Santo Domingo, Los Granates, Santo Cristo y Apure en la Sierra Nevada; y los páramos estacionales más secos de Los Buitres, Mucuchíes, Piedras Blancas y El Banco, incluyendo extensiones de páramo desértico. Al norte de este núcleo central, los páramos se encuentran fragmentados en los límites entre Trujillo y Lara y en la serranía de Guaramacal. Hacia el sur se hallan los páramos en la región de los pueblos del sur, los de la serranía de Tovar, la gran isla del Táchira con los páramos de La Negra y el Batallón, y los páramos de la serranía la Maravilla. Los páramos de la serranía de Tamá están separados de la Cordillera de Mérida pero conectados con el ramal oriental de los Andes colombianos. Finalmente, los

páramos en la Sierra de Perijá, también son compartidos con Colombia (Monasterio & Molinillo 2003).

En Centroamérica hay un total de 17.000 hectáreas de páramo, sobre la Cordillera de Talamanca entre Costa Rica (15.000 has.) y Panamá (2.000 has.), distribuidas en 13 extensiones relativamente pequeñas, desconectadas entre sí, entre 3.000 y 3.819 msnm. En Costa Rica se presentan principalmente en el macizo del Cerro Chirripó (aprox 10.000 has.), Cerro de la Muerte, Cerro Kamuk, Cerro Buenavista y Cerro Vueltas. En Panamá, se encuentran como parches localizados en las cimas de los Cerros Fábrega, Itamut y Ehandi. También en las cimas de los volcanes Irazú y Poás (Costa Rica) y Barú (Panamá), existe una vegetación que aparenta páramo, pero es poco desarrollada. Todos estos páramos son muy húmedos (precipitación anual entre 2.000 y 4.000 mm) y por esto presentan muchas turberas, lagunas y otros humedales. También, gracias a esta alta humedad, muchos páramos son dominados por bambú enano (*Chusquea subtesselata*). Por estar a menor altura, en Centroamérica se distinguen dos pisos altitudinales: el páramo subalpino (subpáramo) y el páramo alpino (páramo propiamente dicho). Basado en la vegetación dominante, el proyecto ECOMAPAS distinguió 21 ecosistemas de páramo, 13 en el páramo subalpino y 8 en el páramo alpino (Luteyn 1999, Kapelle 2003).

3.3. Diversidad y categorización de páramos

La heterogeneidad de los páramos es un reflejo de la influencia de diversos procesos abióticos (geología, altitud, suelos, clima), bióticos (biogeografía) y antrópicos (impacto humano). Los procesos climáticos, como las corrientes de aire húmedo provenientes de los océanos y el Amazonas, la nubosidad, corrientes de aire etc. dan origen a lo que son las vertientes húmedas y vertientes secas, determinando la singularidad de los diferentes tipos de páramos (Rivera & Rodríguez. 2011). La historia geológica (edad de levantamiento, tipo de roca, presencia de volcanismo) forma una importante matriz para el desarrollo de diferentes páramos. Aspectos geográficos (geomorfología, glaciación, drenaje, suelos) determinan diversos tipos de páramo, inclusive a nivel local. La biogeografía (origen, distribución, conectividad y radiación) es otro aspecto clave de la biodiversidad y clasificación de los diferentes tipos (Jørgensen & Ulloa 1994). Finalmente, el tipo y el grado de intervención humana es un factor adicional que determina el aspecto actual de un páramo.

3.3.1 Criterio Geográfico

Por las razones anteriormente mencionadas, los páramos se pueden clasificar según su distribución geográfica,

altitudinal, tipo de vegetación, régimen climático, estado de conservación y todas las combinaciones de estos factores. Sin embargo, ninguna clasificación conocida combina todos los factores, especialmente porque se manifiestan a diferentes escalas.

Por ejemplo, la categorización a escala andina (nacional y regional) necesariamente se basa, en primera instancia, en la ubicación geográfica que está fuertemente interrelacionada con la historia geológica y la biogeografía (conectividad, distribución de especies; ej. Dinerstein et al. 1995). A esta escala, pero con más detalle de diferentes vertientes y cordilleras, también es aplicable una categorización por régimen climático, relacionada con ubicación geográfica y geomorfología (ej. Hernández Camacho et al. 1992, Josse et al. 2009).

A una escala más precisa (subnacional), ya es válido incluir factores como la distribución altitudinal (interrelacionada con geomorfología) y aspectos geográficos más específicos como tipos de suelo, geomorfología general y drenaje. Inclusive, a esta escala es posible incluir tipos de vegetación dominante (ej. Morales et al. 2007, Beltrán et al. 2009).

A nivel local (complejos de páramo) se puede aplicar una categorización basada en la ecología del paisaje, que combina la composición vegetal con los aspectos

abióticos y resulta en unidades de paisaje (ej. Verweij. 1995). Finalmente, una categorización de páramos sustentada sobre la presencia y abundancia de especies de flora (fitosociología) resulta aplicable para describir con mucho detalle la composición de la vegetación a nivel local (páramos individuales; ej. Rangel 2000). El tipo y el grado de intervención humana es un factor que puede ser tomado en cuenta para categorizar páramos según su estado de conservación, aplicable a escala local también (complejos y páramos individuales; ej. Monasterio & Molinillo 2003, Hofstede et al. 2002 b).

3.3.2 Criterio altitudinal

Para la zonificación altitudinal, la clasificación más aceptada es la de Cuatrecasas (1958) que divide el páramo en subpáramo (la zona de transición entre el bosque montano y el páramo abierto), páramo propiamente dicho (el páramo "típico", dominado por pajonal-rosetal) y superpáramo (la zona más alta, donde la vegetación escasea por el frío).

Generalmente, el subpáramo es la zona que tiende a confundir. Esto se debe al hecho de que en muchas áreas no se puede distinguir un ecotono claro entre bosque montano y páramo abierto. Esto puede ser causado por razones naturales, pero muchas veces está relacionado con el impacto humano sobre el páramo

(quemadas) que transformó la transición gradual en un límite de bosque abrupto (Hofstede. 2003; Bader. 2007).

3.3.3 Criterio bioclimático

La influencia de procesos climáticos ha dado origen a la clasificación bioclimática del páramo en: páramos secos; húmedos; semihúmedos; muy húmedos; superhúmedos y superhúmedos pluviales (Rangel. 2000). WWF ha propuesto una clasificación ecorregional a nivel global, separando cuatro diferentes páramos por su ubicación sobre las cordilleras andinas (páramos de la Cordillera de Mérida, páramos de la Sierra Nevada de Santa Marta, páramos de la Cordillera Central, páramos de los Andes del norte etc. (Dinerstein et al. 1995).

Josse et al. (2009) presentan una propuesta de clasificación de ecosistemas a la escala de Andes de norte y centrales (de Bolivia hasta Venezuela) basada principalmente en bioclima y fitogeografía.

La fitorregión Andes del norte (en la cual se encuentran todos los páramos) es la más diversa de las cinco fitorregiones de los Andes tropicales, con 15 macrogrupos y 32 ecosistemas. Entre ellos, hay tres macrogrupos exclusivamente de ecosistemas de páramo: páramo húmedo de los Andes del norte, Humedal altoandino y altimontano de los Andes

del norte y Vegetación subnival de los Andes del norte. Se pueden encontrar seis ecosistemas de páramo propiamente dicho, tres ecosistemas de humedales y un ecosistema de superpáramo. A la vez, los macrogrupos Bosque altimontano y altoandino húmedo de los Andes del norte y Arbustal montano húmedo de los Andes del norte, incluyen ecosistemas (incl. bosques de *Polylepis* y bosques paramunos) que limitan o se intercalan con los ecosistemas de páramo propiamente dicho.

Para el Ecuador, Beltrán et al. (2009) elaboraron el Mapa de Ecosistemas de Páramo basado en el mismo enfoque que Josse et al. (2009). Este mapa determinó seis regiones fisiográficas (por ubicación geográfica); los autores aplican cinco de los mismos macrogrupos que fueron definidos por Josse et al. (2009) e identifican 12 sistemas ecológicos de páramo, principalmente basados en la estructura y composición de la vegetación. En el año 2013, el Mapa de Ecosistemas del Ecuador realizado por el Ministerio del Ambiente precisó este mapa e incluyó 11 ecosistemas de páramo. Las condiciones climáticas de los páramos del Ecuador varían entre los páramos secos, como los del Chimborazo con precipitaciones de alrededor de 600 mm, y páramos húmedos en la vertiente oriental de la Cordillera Real con precipitaciones mayor a 3000 mm.

3.3.4 Criterios combinados

En Colombia se desarrolla una propuesta de provincias, sectores, distritos y complejos basada en diferencias biológicas y geográficas (Hernández Camacho et al. 1992). Este sistema es manejado para la categorización de los diferentes complejos de páramo en el Atlas de Páramos de Colombia (Morales et al. 2007). Hay cinco sectores con este ecosistema: cordilleras Oriental, Central y Occidental; Nariño – Putumayo y Sierra Nevada de Santa Marta, siendo el sector de la Cordillera Oriental el que posee la mayor cantidad de páramos. Según su cercanía, la distribución y composición de especies y relaciones de cambios históricos, se clasifican 15 distritos. Dentro de los distritos se encuentran 34 complejos, clasificados según la semejanza de su relieve y vegetación. En total, el país cuenta con más de 300 páramos zonales y azonales, además de otros, que por ser pequeños, no se reflejan en la escala de trabajo del Atlas. La categorización del Atlas (Morales et al. 2007) está siendo aplicada para el proceso actual de delimitación por Rivera & Rodríguez (2011) quienes lo están precisando, identificando aún un mayor número de complejos y páramos individuales.

En cuanto a comunidades o asociaciones de vegetación, se han descrito más de 300 unidades en Colombia, zonales y azonales (Rangel 2000). En la Cordillera

Occidental, menos alta que las otras, en ambas vertientes hay presencia de bosque altoandino (Desfontainio-Ilicion), que en algunos sectores alcanza los 3.800 msnm, y luego sigue vegetación zonal de páramo (Hyperico-Chusqueion) hasta la altura máxima de más o menos 4.200 msnm. En la Cordillera Central el bosque altoandino (Neurolepido-Oreopanicion) se extiende también hasta los 3.800 msnm y le sigue vegetación de páramo medio (Festuco-Calamagrostion y Cerastio-Calamagrostion), hasta aproximadamente 4.400 msnm, para luego pasar a vegetación de superpáramo (Festuco-Agrostion y Agrostio-Cerastion). En la Cordillera Oriental (región del Sumapaz) se encuentra bosque altoandino con *Weinmannia reticulata*, en la vertiente occidental, y eurolepido-Miconion, en la vertiente oriental, hasta los 3.600 msnm; por encima de esta cota hay páramo medio (Rhynchosporo Espeletion e Hyperico-Chusqueetum). Entre los 4.050 y 4.150 msnm comienza la vegetación de superpáramo (Oreomyrrhido-Azorellion). En la Sierra Nevada del Cocuy, la vegetación de superpáramo es mucho más extensa ya que comienza entre 4.200 y 4.300 msnm, y llega hasta la zona nival, aproximadamente a 4.800 msnm.

Monasterio & Molinillo (2003) distinguen tres zonas altitudinales, basadas sobre condiciones naturales y ocupación humana, aproximándose al concepto de socio-ecosistema:

(a) El Piso Andino es la franja que corresponde a la zona de selva nublada montana alta y a la zona de páramos; se ha caracterizado por su uso en cultivos de gran productividad (tubérculos, horticultura, floricultura, etc.) que reemplazan al sistema natural paramero, especialmente en las tierras más planas y los suelos más fértiles.

(b) El Piso Altiandino, que es la zona de páramo propiamente dicho, donde se encuentra el límite superior de la agricultura paramera campesina, con un sistema de cultivo y descanso que promueve procesos sucesionales cuya dirección es la regeneración de los ecosistemas naturales. Por el clima más frío, la cobertura vegetal es menos densa y con especies de rosetas gigantes de varias especies del género *Espeletia*. Encima de la frontera agrícola, el único uso de la tierra es el pastoreo extensivo.

(c) El Piso Periglacial, donde el ciclo de congelamiento nocturno-descongelamiento diurno impide toda actividad agrícola por las heladas recurrentes. Dos formaciones vegetales -el páramo desértico y el desierto periglacial- colonizan este piso ecológico. Hofstede et al. (2002b) hicieron una aproximación hacia una categorización del estado de salud de páramos de tipo pajonal, en cinco clases (de “mal” estado hasta “excelente” estado de salud) utilizando una combinación de

indicadores de flora, de fauna y de suelos, incluidos los indicadores sociales para determinar su grado de perturbación.

3.4. Historia geológica

El páramo es un ecosistema relativamente joven; puede considerarse el más reciente de los ecosistemas constituidos en el contexto de los Andes (Castaño. 2002a). Aunque el levantamiento de los Andes empezó desde hace 40 millones de años, fue recién en el Mioceno, hace unos 10 millones de años, que la cordillera andina empezó a tomar forma y diferentes macizos se conectaron entre sí. En el Plioceno, entre aproximadamente 5 y 2.5 millones de años, las cordilleras se levantaron hasta su altitud actual, con áreas relativamente extensas de vegetación abierta por encima de lo que era el límite altitudinal del bosque. Es decir, en este intervalo de tiempo se establecieron los páramos y también el bosque andino (Morales et al. 2007).

A partir de una evolución-adaptación de especies desde niveles inferiores e inmigración-adaptación desde la región andina austral -y después también desde la región holártica y mesoamericana-, la flora de páramo comenzó a formarse probablemente en áreas sin vegetación boscosa en las cimas de los cerros del Mio-Plioceno, en altitudes por debajo del actual límite del bosque. Al final

del Plioceno ya había vegetación propiamente de páramo, aunque todavía relativamente pobre en especies. Durante el Cuaternario, desde hace 2,4 millones de años hasta hoy, se presentaron muchos ciclos glacial-interglaciales. En los periodos interglaciales, el clima era parecido al actual (con un límite del bosque como antes de la influencia del hombre). Durante los periodos glaciales, los glaciares bajaron hasta 3.000 m de altitud, incluso existen rasgos que evidencian en algunos casos hasta 2.800 o 2.600 msnm, y el límite bosque-páramo bajó localmente hasta 2.000 msnm. Este ritmo glacial-interglacial, gracias al cual se conectaban y separaban áreas de páramo actualmente separadas, ha contribuido al proceso de especiación (Van der Hammen y Cleef. 1986, Jørgensen y Ulloa. 1994).

Las erupciones de los más de 50 volcanes presentes en los Andes del Ecuador, algunos de ellos aún activos, fueron y son claves en la formación de los suelos del páramo a partir de los grandes volúmenes de ceniza arrojados por estos volcanes durante sus procesos eruptivos. Hasta la actualidad, volcanes como el Tungurahua continúan con una emanación constante de ceniza que se acumula en los páramos y permite la formación del suelo del páramo. Este proceso continuo de erupciones ha sido determinante para delinear las características que observamos en los páramos en la actualidad (Llambí et al. 2012).

La última era glacial registrada hace 10 000 años ha determinado la formación de muchos valles glaciares a lo largo de la cordillera de los Andes y, en especial, en las zonas que actualmente son páramos. Los procesos de glaciación se han visto acompañados por aquellos provocados por las erupciones volcánicas como deslaves y otros eventos de movimiento en masa generados por las altas pendientes que se presentan en los páramos y las estribaciones de los Andes. La alta humedad en algunas zonas y el derretimiento de los glaciares han formado los drenajes de ríos que han ido determinando las formas que se observan en la actualidad (Morales et al. 2007).

3.5. Suelos

La formación de los suelos de páramo solo se inicia 10 000 años atrás, con la meteorización de roca descubierta al cabo de las últimas glaciaciones (Pleistoceno), cuando la totalidad de la extensión de páramo estuvo cubierta de hielo. En zonas donde hay volcanismo activo, el suelo tiene que formarse con cenizas volcánicas de edad todavía más reciente. Además, gracias a las bajas temperaturas, el proceso de formación de suelo es lento. Por esto, los suelos del páramo son, sin excepción, jóvenes.

La formación de los suelos depende de cuatro factores: el clima, la roca madre,

la edad de los suelos y la vegetación. Los factores relacionados con el clima dependen de las relaciones entre precipitación y evapotranspiración. Éstas generan un volumen alto de agua efectiva y, a su vez, hacen que se produzca una alteración química de los minerales, aunque en zonas que presentan bajas temperaturas las reacciones químicas son lentas, lo que explica la formación lenta de suelos de páramo (Poulenard. 2000, Llambí et al. 2012).

El material parental ha desempeñado un papel muy importante en la formación y evolución de los suelos de páramo, a pesar de ser considerado un factor pasivo en el proceso edafogénico. En las cordilleras volcánicas (Cordillera Central colombiana y todo el centro y norte del Ecuador) existen afloramientos de rocas ígneas, mientras que en otras partes afloran materiales geológicos de edades desde cretácica hasta paleozoica (shale negro, arenisca, caliza, limolitas, liditas; como en la Cordillera Oriental colombiana) o metamórficas (como en la Cordillera Occidental colombiana, en la Cordillera de Mérida, al sur de Ecuador y al norte de Perú). Además de esto, hay áreas extensas cuyos materiales parentales son los depósitos glaciares que conforman las morrenas y los derrubios de gelifracción. En las depresiones (antiguos lechos lacustres) se presentan capas orgánicas y se dan sedimentos aluviales en las partes

bajas de los valles intra-montanos que cortan el paisaje paramuno (IGAC 1988).

Gran parte de los páramos -todo el centro y norte del Ecuador, el Macizo colombiano y toda la Cordillera Central colombiana- están ubicados sobre volcanes activos, por tanto los suelos se desarrollaron a partir de la intemperización de cenizas volcánicas (Andosoles o Andisoles; Malagón et al. 1991, Malagón & Pulido. 2000). Estas cenizas también cubrieron partes de las cordilleras Oriental y Occidental en Colombia y las cordilleras centro-sur de Ecuador que, en sí, no son volcánicas. En la parte más alta, por encima de los 3.800 msnm, el vidrio volcánico no es alterado (Vitrandes, Vitricryands), mientras entre los 3.200 y 3.800 msnm está más diferenciado (Udands, Aquands). En la definición de estas características juegan un papel fundamental las bajas temperaturas y los suelos relativamente jóvenes.

En las otras regiones de páramo (sur de Ecuador y norte de Perú; la Cordillera Oriental colombiana, la Sierra Nevada de Santa Marta y la Cordillera de Mérida en Venezuela) los suelos se formaron sobre rocas sedimentarias y metamórficas y sin cenizas. Aquí hay suelos de los órdenes Entisoles e Inceptisoles. Por encima de los 3.800 msnm, donde las bajas temperaturas son un factor dominante, existen Cryorthents y Cryands. En la Sierra Nevada de Santa Marta se encuentran Cryaquepts

sobre rocas ígneas por encima de los 3.800 msnm y por lo menos hasta los 4.100. En las depresiones de los páramos, y cuando el clima es muy húmedo, se desarrollan suelos turbosos con muy alto contenido de materia orgánica, en parte relacionados con tipos de vegetación de pantano o turbera (Histosoles) (Malagón y Pulido. 2000). A mayor altitud (encima de los 4.100 metros) el proceso de congelación y descongelación del suelo crea un ambiente muy poco estable con flujo del suelo por la pendiente (gelifluxión) que dificulta el establecimiento de plántulas en el super-páramo (Pérez. 1987).

En Centroamérica, los suelos de páramo son similares a los suelos de los páramos andinos. La Cordillera de Talamanca es de origen sedimentaria con muchos depósitos glaciares. Por la gran humedad, aquí hay mayor presencia de Histosoles y entre los suelos minerales dominan los Entisoles (Orthent) e Inceptisoles (Tropept). Por la influencia de los volcanes Irazú, Poás y Barú, también hay presencia de Andosoles (Hapludands) (Kappelle & Horn. 2005).

La vegetación es uno de los principales factores en la formación de los suelos, a través del proceso de acumulación de la materia orgánica. La descomposición de este material orgánico es restringida debido a que las temperaturas bajas aletargan la actividad microbial. Por esta razón, los procesos de formación de humus

y la mineralización de los restos orgánicos ocurren de forma lenta y esto hace que la materia orgánica tienda a acumularse, parcialmente descompuesta, y que esté conformada por sustancias húmicas de baja polimerización y escaso vínculo con los coloides inorgánicos. De esta forma se generan horizontes superficiales espesos de color negro o de tonos muy oscuros (Malagón & Pulido. 2000).

La descomposición de materia orgánica es aún más lenta en suelos volcánicos porque el aluminio de la ceniza volcánica y la materia orgánica se combinan para formar vesículas muy resistentes a la descomposición por la edafofauna (Colmet-Daage et al. 1967; Winckell et al. 1991). Gracias al mencionado proceso de retención de materia orgánica (la mitad de la cual es carbono), los suelos parameros son almacenes de carbono (Poulenard. 2000, Buytaert et al. 2002). Si bien la masa vegetal del páramo también es un sumidero de este elemento, no lo es tanto como los ecosistemas boscosos más bajos. Sin embargo, al contrario de lo que sucede con las tierras bajas, los suelos de páramo tienen esta elevada concentración de materia orgánica y además son muy profundos (hasta varios metros). Gracias a esto, la cantidad total de carbono almacenada por hectárea de páramo puede ser mayor que la de una selva tropical (Hofstede. 2001a). Evidentemente, a la acumulación de carbono en suelos

minerales se suma la acumulación de materia orgánica en turberas. Chimner y Karberg (2008) estimaron que en dos turberas en el norte del Ecuador la acumulación de materia orgánica era de 4.6 toneladas/ha/año que es el doble de lo que podría alcanzar un bosque productivo. Sin embargo, mucho de esta acumulación es producto de sedimentación de pendientes montañosas.

Aunque prácticamente todos los suelos de páramo tienen un alto contenido de materia orgánica (más de 5%) hay mucha variedad entre ellos. En términos generales, entre más húmedo el páramo, mayor acumulación de materia orgánica; en suelos de origen volcánico hay más acumulación, los suelos más jóvenes y a mayor altitud tienen menos acumulación. Por esto, los suelos en páramos húmedos, bajos y con suelos de origen volcánico sub-recientes (por ejemplo los que se encuentran en la frontera entre Colombia y Ecuador), pueden tener hasta 40% de materia orgánica. Suelos de páramos secos que muestran acumulación en material no volcánico y a mayor altitud (por ejemplo los que se encuentran en la Cordillera de Mérida o en el Volcán Chimborazo), tienen valores mucho más bajos.

3.6. Clima

En general, los páramos tienen un clima frío y húmedo, con alta irradiación

y nubosidad. Sin embargo, esto en realidad es una generalización porque las condiciones climáticas de los páramos son muy variadas, no sólo en cuanto a la distribución de la precipitación pluvial, sino también en relación con las variaciones de temperatura, luminosidad, duración del día de luz, humedad relativa y vientos. Aunque existen muy pocas estaciones meteorológicas por encima de los 3.000 metros de altitud, los datos acerca de los suelos y la vegetación reflejan esta variedad (Rangel. 2000, Morales et al. 2007, Llambí et al. 2013).

La variabilidad de temperatura en los Andes Tropicales depende principalmente de dos aspectos: el gradiente altitudinal y la humedad del aire, aspecto fuertemente controlado por las condiciones locales de la orografía andina (Smith & Young. 1987). La tasa de cambio en el promedio de temperatura con respecto a la altitud está típicamente entre 0.6 y 0.7 oC por cada 100 metros de variación altitudinal (i.e. lapso de proporción) (Buytaert et al. 2009, Hooghiemstra & van der Hammen. 2004, Llambí et al. 2013). La humedad del aire disminuye tanto el lapso de proporción como también la variación diaria de temperatura, por lo que las regiones más húmedas tienen menor fluctuación térmica diaria y anual (Smith y Young. 1987).

En la transición entre el bosque altoandino y el subpáramo, las temperaturas medias



@Mónica Shah, Perú

multianuales son inferiores a los 8 o 9 °C. En el páramo medio o propiamente dicho, éstas corresponden a valores inferiores a 6 °C, mientras que en el superpáramo, los valores se presentan por debajo de los 3 °C (Morales et al. 2007). La variación de temperatura media mensual es mínima, pero las diferencias térmicas entre día y noche son considerables. Conforme los Andes ganan altura, la temperatura promedio anual decrece hasta llegar a los ambientes de los páramos y las punas, los cuales ocurren a temperaturas que oscilan entre los 3 y 9 °C (Cuesta et al. 2012a, 2012c).

La variación de temperatura media durante el año es mínima, pero la variación diaria es alta: diferencias de temperatura de más de 20 °C entre la noche y el día son comunes (“verano cada día e invierno cada noche”). La variación típica de temperatura determina el papel de las heladas (temperaturas bajo cero). Por el clima constante, el límite de hielo es constante y fijo alrededor de los 5 000 metros. Entre 4 000 y 5 000 msnm, ocurren heladas frecuentemente durante la noche, pero la temperatura durante el día es suficientemente alta para evitar acumulación de hielo. Por debajo de los 4 000 msnm hay pocas heladas y su ocurrencia está restringida a unas horas antes del amanecer (Rangel. 2000, Buytaert et al. 2006).

Contrariamente a la temperatura, la precipitación en los Andes no sigue un patrón lineal sino que está determinada por la orografía y la influencia de los vientos prevaecientes localmente, lo que determina su alta variabilidad temporal y espacial (Buytaert et al. 2010). La circulación del aire en los Andes Tropicales está influenciada por la interacción de la Zona de Interconvergencia Tropical (ITCZ por sus siglas en inglés) con los factores locales orográficos que controlan el clima. Los vientos tropicales del este traen masas de aire húmedo desde la Amazonía que chocan con el piedemonte de la vertiente externa de los Andes orientales a lo largo del año (Vuille & Bradley. 2000, Vuille et al. 2003).

Los Andes Tropicales evidencian un gradiente de humedad decreciente de norte a sur -a excepción de Venezuela que está expuesta a vientos convergentes del Atlántico y el Caribe-, generando un sistema marcadamente estacional con características pluviestacionales subhúmedas a secas (Ataroff & Sarmiento 2003). En los Andes del norte donde se encuentran los páramos, los flancos occidentales están influidos principalmente por las masas de aire originadas en el Pacífico, éstas atraen mucha humedad en el norte, por lo que los páramos de los Andes occidentales (igual que los centroamericanos) son de húmedos a hiperhúmedos. Sin embargo,

de la línea ecuatorial hacia el sur, la corriente de Humboldt trae masas de aire más secas y los páramos de la Cordillera Occidental (central y sur) reciben menos precipitación que en el norte. La Cordillera Oriental en toda su extensión está dominada por vientos húmedos del Atlántico tropical y de la Cuenca amazónica, por lo que predominan los climas pluviales húmedos a hiperhúmedos. Los flancos interandinos se encuentran expuestos a influencias variables entre las masas de aire oceánicas y continentales; se genera un efecto de sombra de lluvia que define valores de precipitación anuales relativamente bajos (Vuille & Bradley. 2000, Vuille et al. 2003, Buytaert et al. 2006, Cuesta et al. 2012 a).

En el régimen pluviométrico existen diferencias considerables tanto en la precipitación media multianual como en su distribución mensual. Los valores pueden variar entre aproximadamente 600 y 5.000 mm; la distribución multianual puede ser monomodal, con una estación seca y una húmeda, o bimodal, con dos secas y dos húmedas. Los páramos más húmedos se encuentran en la vertiente oriental de la Cordillera Oriental y la vertiente occidental de la Cordillera Occidental, y los más secos en ciertas áreas del interior de la Cordillera Oriental. El rango completo de precipitación se presenta en los países con las mayores extensiones de páramo (Colombia y Ecuador) (Rangel. 2000, Morales et al.

2007, Medina & Mena. 2001). Lozano et al. (2003) menciona la cifra más alta por precipitación anual en el parque Podocarpus (6000 mm, incluyendo precipitación horizontal). Los páramos de Venezuela tienen un rango de precipitación más seco (de 600 - 1800 mm) (Llambí et al. 2013) y los de Centroamérica son bastante húmedos (2000 hasta 4000 mm) (Kappelle & Horn 2005). En Perú hay registros de precipitaciones entre 1800 a 2000 mm anuales (ATA, UNP, UNL. 2003).

El volumen real de entrada de agua en el sistema hidrológico es probablemente mayor que las cifras publicadas. Eventos de lluvia en el páramo son típicamente de alta frecuencia y baja intensidad. Esto, en combinación con vientos fuertes y topografía accidentada, resulta en una alta variación espacial de la lluvia y grandes errores en las estimaciones. Un ejemplo de esto se presenta cerca de la ciudad de Cuenca (Ecuador) en donde dos estaciones separadas por apenas 26 km tienen precipitaciones que varían entre 806 y 1488 mm anuales (De Bièvre et al. 2011). Adicionalmente, la precipitación de neblina y su intercepción por la vegetación aumentará la entrada de agua al sistema, especialmente en páramos arbustivos o en presencia de pequeños bosquetes. Aunque hasta ahora ha sido imposible estimar la contribución exacta de esta llamada precipitación horizontal, se estima que esta contribución puede llegar

a ser del 5 hasta el 20% de la precipitación total (Bruijnzeel & Proctor. 1995; Ataroff & Rada. 2000).

La humedad relativa en el páramo con frecuencia es muy alta, entre 80 y 98% durante gran parte de la noche y el día; posee un carácter variable y estacional (máxima en época de lluvias y mínima en las estaciones secas), y además suele presentarse el fenómeno de niebla. En general, en estas zonas la evapotranspiración real es baja. Por otra parte, los vientos son variables y de distinta intensidad, aunque particularmente fuertes en las vertientes expuestas a los valles interandinos (Buytaert et al. 2006, Morales et al. 2007).

Por la gran altitud y ubicación ecuatorial, la irradiación en el páramo es de las más altas en el planeta. Caldwell & Robberecht (1980) identificaron un aumento de hasta 10 veces en radiación UV-B desde 70° latitud norte hasta el páramo ecuatorial. Es tan alta, que es mencionado como un factor limitante en el establecimiento y crecimiento de ciertas especies (Bader. 2007). Datos de un páramo en el norte de Perú (Ayabaca) muestran que en el curso del año existe una variación intermensual regular debido a la presencia de nubosidades, con la mayor intensidad de la radiación solar

en septiembre con 468,1 cal/cm² por día y la menor intensidad en abril con 382,2 cal/cm² por día (Asesores Técnicos Asociados et al. 2003).

3.7. Hidrología

El páramo es el mayor proveedor de agua de los Andes de Venezuela, Colombia y Ecuador y de partes extensas de las zonas interandinas, de las costas del Caribe y el Pacífico de Costa Rica y Panamá, hasta el desierto del norte de Perú. No es exagerado decir que prácticamente todos los sistemas fluviales de los países andinos septentrionales nacen en el páramo y que los sistemas de riego, agua potable e hidroelectricidad dependen, en gran medida, de la capacidad de regulación hídrica del ecosistema páramo (Malagón & Pulido. 2000, Poulénard. 2000). Los sistemas hidrológicos de alta montaña en los páramos están determinados por las condiciones climáticas propias de estas zonas: precipitación de moderada a alta, alta humedad relativa del aire, baja evapotranspiración.

Aparte de las condiciones climáticas prevalentes, son las condiciones edáficas las que explican la alta capacidad de regulación hídrica del páramo. El suelo profundo, de baja densidad y alta porosidad gracias a su gran contenido de materia orgánica, en casos de suelos de materia volcánica, forman complejos

órgano-metálicos que tienen una insuperable capacidad de retener agua por un periodo relativamente largo y liberarla lenta y constantemente (Poulenard. 2000, Buytaert. 2004). Dependiendo del suelo y del periodo del año, el suelo puede alcanzar el doble de su peso normal dado el volumen de acumulación del líquido.

Una segunda razón que explica las propiedades hidrológicas positivas del páramo es la vegetación. Si bien el rol exacto no es claro y faltan datos cuantitativos (Buytaert et al. 2006) parece que su estructura compleja garantiza una buena protección del suelo (Hofstede. 1995a) y captura de neblina. Además, el metabolismo relativamente bajo es asociado a un bajo consumo de agua, lo que aporta a una baja transpiración (Buytaert et al. 2006). Finalmente, la topografía de los Andes es un factor clave que aporta a la regulación hídrica. La geomorfología fuertemente influenciada por glaciaciones incluye valles amplios en donde se han formado extensos humedales que, a nivel de paisajes, son reservorios naturales de agua (Buytaert et al. 2006). Solo en Colombia, es posible que el número de lagunas alcance más de 2.000. Las lagunas en los páramos colombianos son muy numerosas en las cordilleras Central y Oriental, pero casi inexistentes en la cordillera Occidental (Morales et al. 2007).

La producción de agua de cuencas de

páramo en Colombia se estima en aprox. 1400 mm, lo que equivale a 66.5 km³ por año (Hincapié et al. 2002). Buytaert et al. (2006) analizaron series de escorrentía de pequeñas cuencas hidrográficas en páramos del Ecuador y encontraron valores de entre 600 y 1000 mm/año, equivalentes a 2/3 de la precipitación anual. Este valor es similar al que Hofstede (1995b) encontró en un páramo en la Cordillera Central colombiana.

Los páramos ocupan apenas un 1.7% del territorio colombiano y suministran agua al 70% del país. En ellos nacen muchos de sus grandes ríos, como el Magdalena, Cauca, Patía y Meta. Los nevados y páramos en buena parte conforman Parques Nacionales Naturales, estrategias en territorio que protegen ecosistemas vitales de los Andes y la Amazonía colombiana. Los páramos colombianos abastecen acueductos en cientos de municipios y veredas, y embalses para la generación de energía eléctrica y para la prestación del servicio de acueducto que requiere el país; además, proveen agua para la operación de los distritos de riego en diversas regiones de gran parte del territorio nacional. El Páramo de Chingaza suministra el 80% del agua que consume Bogotá. Del Páramo de Las Papas del Macizo colombiano (Cauca y Nariño) nacen los ríos Magdalena, Cauca y Putumayo (Morales et al. 2007).

Una situación similar se presenta en los

otros países con páramo. Sin excepción, todas las principales cuencas del Ecuador, incluyendo las de la vertiente del pacífico (Esmeraldas, Guayas, Jubones) y de la vertiente amazónica (Napo, Pastaza, Santiago) nacen en el páramo. Ciudades como Quito, Riobamba, Ambato y Cuenca dependen el 100% del agua potable que tiene su origen en el páramo e inclusive las ciudades de la costa (Guayaquil, Manta, Esmeraldas) reciben parte importante de su agua del páramo. Gran parte de la generación hidroeléctrica en Ecuador ocurre en plantas a alturas medias (aprox. 2000 msnm) en ríos que se originan en páramo. La relativamente pequeña extensión de páramo en Perú es clave para la economía del país porque forma la fuente de sistemas hidrológicos que alimentan sistemas de regulación (reservorios de San Lorenzo y Olmos) los cuales irrigan los cultivos básicos que, a su vez, riegan cultivos agroindustriales en la costa desértica.

3.8. Biogeografía

Los páramos forman una especie de "archipiélago" en un mar de bosque. Durante las glaciaciones, una parte de estas "islas" podían unirse, con relación al descenso del límite bosque-páramo, permitiendo cierto intercambio directo de especies; otras islas se ampliaron temporalmente, sin posibilidad de intercambio directo. Así resultaron diferentes grados de aislamiento de las áreas de páramo. Por ejemplo, la

Cordillera Oriental colombiana tenía un gran número de "islas" de páramo, donde se pudo desarrollar cierto endemismo y un número considerable de especies; en cambio, la Cordillera Central colombiana se encuentra bastante aislada de la Oriental por el valle del Magdalena, aunque tiene más continuidad de norte a sur, en ella se presenta un área larga de páramos conectados. La Cordillera Occidental está todavía más aislada por la presencia del valle geográfico del río Cauca y tiene solamente áreas relativamente pequeñas de páramo, ya que no hay altitudes mayores a 4200 msnm. Finalmente, la Sierra Nevada de Santa Marta se encuentra también bastante alejada.

En Ecuador, la conectividad ha sido tradicionalmente mayor que en Colombia por la mayor altura general de las cordilleras, valles interandinos de mayor altitud que los colombianos (2000-2500 msnm vs. 400-1000 msnm) y la presencia de conexiones altas ("nudos") entre las cordilleras (Nudo de Cajas entre Imbabura y Pichincha, Nudo de Cotopaxi, Nudo de Urbina en Chimborazo). Por esto hay menor aislamiento histórico y radiación en los páramos ecuatorianos. Una excepción son los páramos del Podocarpus (Loja-Zamora Chinchipe) que siempre estuvieron desconectados de otros páramos y por ende son los de mayor grado de endemismo (Luteyn. 1999, Jorgensen & Ulloa-Ulloa. 1994, Morales et al. 2007).

El conjunto de diferentes grados de aislamiento o conexión, los procesos y posibilidades de distribución de semillas y esporas, la especiación y extinción, las grandes transformaciones climáticas y los asociados cambios de límite bosque-páramo, resultaron en regiones y áreas diferenciadas en diferentes grados en cuanto a su flora y fauna. Estas áreas biogeográficas han sido la base para las categorías jerárquicas propuestas para Colombia: provincias, sectores, distritos y complejos (Van der Hammen. 1998).

La historia geológica determinó el origen de la flora del páramo. El levantamiento de los Andes (desde hace 40 millones de años) se dio en un ambiente netamente tropical sin conexión con otras zonas de clima frío. Por esto, los primeros elementos de la flora de páramo evolucionaron desde ancestros tropicales. Cuando se estableció una cordillera completa conectando los páramos con la zona templada en el sur y se adhirió al continente norteamericano, especies de otras zonas frías podían migrar sobre los Andes y llegar a los páramos tropicales. El resultado de esta historia es una flora paramuna que, en cuanto a géneros, posee una composición de 7% de elementos del páramo (géneros endémicos), 34% neotropical (otros distintos a los de páramo), 9% elementos austral-antárticos, 11% holárticos, 21% templados (amplio), 10% tropical (amplio) y 8% elementos cosmopolitas. Esto quiere

decir que, aproximadamente, 45% de los géneros son de origen templado, 45% de origen neotropical y 7% son endémicos.

Probablemente estos géneros endémicos se originaron en el Plioceno, mientras las especies de géneros inmigrados podrían ser del Plioceno tardío y Cuaternario. Los frailejones -género endémico- se originaron de especies arbóreas de Espeletiinae, probablemente en el Plioceno y la especiación en este género bien podría haberse realizado durante el Cuaternario (van der Hammen & Cleef 1986, Morales et al. 2007). Espeletia es el taxón de mayor "éxito" ecológico en el poblamiento de los ambientes más extremos desde el punto de vista térmico e hídrico; su diversidad de formas y estrategias le ha permitido estar presente en una gama amplia de hábitats y colonizar los espacios periglaciales más extensos de los Andes venezolanos (Monasterio & Molinillo. 2003). De hecho, el conjunto taxonómico Espeletinae se ha desarrollado en la Cordillera de Mérida, siendo la formación geológica más antigua que contienen los páramos a manera de centro de diversificación y expansión (Smith & Koch. 1935, Cuatrecasas. 1986).

3.9. Paleo-biología: límite de bosque

La línea de bosque, el límite entre bosque y páramo, es la más clara discontinuidad en los Andes tropicales. Los estudios paleo-ecológicos y palinológicos son un indicador

muy claro para la reconstrucción de, entre otros, el clima en el pasado. Justamente por esto es también muy interesante observarla para ver lo que sucede en escenarios de cambio climático.

En cuanto a la dimensión temporal, la posición altitudinal del límite bosque-páramo, o el límite superior del bosque, ha mostrado una respuesta muy dinámica durante los ciclos glaciares-interglaciares del Pleistoceno y los cambios más recientes durante el Holoceno (ej. van der Hammen. 1974, Salgado-Laboriau. 1991, Wille et al. 2002). Sabemos, por ejemplo, que durante el último máximo glacial, la temperatura llegó a ser de 7 a 8 °C más baja, el clima se hizo generalmente más seco y la posición altitudinal del límite llegó a descender hasta más de 800 m por debajo de su posición actual (Llambí et al. 2013). Esto no quiere decir que después de los periodos glaciares el ambiente fuera constante. Por ejemplo, en medio Holoceno (7500-5000) el ambiente era más seco y posiblemente más caliente que ahora, aunque no en todos los Andes. En el Holoceno reciente, las temperaturas en general eran más bajas, tanto que inclusive se le llama "pequeña era de hielo" al periodo entre 600-100 años (Werner et al. 2013, Jantz & Behling. 2012).

La última glaciación ocurrida hace aproximadamente 12.000 años, cubrió de hielo muchas de las zonas de páramo alrededor de los 3000 metros. Estudios

realizados en el sur del Ecuador, en las zonas de páramo del Parque Nacional Podocarpus (Rodríguez. 2012), indican que el límite superior del bosque pudo encontrarse en zonas por debajo de los 3000 metros debido a la presencia de hielo en las zonas superiores. Los aumentos posteriores de temperatura, desde hace 4300 años atrás, permitieron el establecimiento de especies típicamente de páramo y subpáramo como especies de las familias Melastomataceae y Asteraceae. El establecimiento de estas especies estuvo ligado a un aumento de la temperatura y humedad. Desde ese momento, las condiciones climáticas relativamente estables han permitido el establecimiento de especies de Poaceae típicas de zonas de páramo como las conocemos en la actualidad. En los últimos 300 años se evidencia la presencia de partículas de carbono que demuestran el uso humano de este ecosistema desde aquellas épocas. En uno de los estudios más detallados de reconstrucción del límite superior del bosque, Jansen et al. (2010), en investigaciones realizadas en el páramo de Guandera en el norte del Ecuador, determinaron que el límite superior del bosque debe estar ubicado actualmente por debajo de los 3700 metros y la vegetación de páramo sobre los 3600 metros. Por lo tanto, se determinó que la vegetación natural del páramo como la conocemos es un ecosistema natural y no un efecto de la deforestación sobre los 3600 metros de altitud.

La ubicación del límite superior del bosque no es clara y más bien hay un cinturón altitudinal de transición o ecotono (subpáramo) (Cuatrecasas. 1958) entre el bosque y el páramo, donde existe un mosaico de bosques, arbustales y páramo herbáceo (Bader. 2007, Llambí et al. 2013). Inclusive, por encima de este gradiente de bosque a páramo, se hallan fragmentos de bosque en lugares protegidos, detrás de rocas, en cañones de quebradas, etc. Aquí, las condiciones microclimáticas son menos extremas que en los lugares expuestos a viento y temperaturas bajas y por esto pueden crecer árboles a grandes altitudes. En lugares relativamente prístinos, la transición del bosque andino al páramo tiende a ser gradual desde el bosque cerrado, dando lugar a un mosaico de fragmentos de bosque y arbustales con el aumento de altitud. En áreas con impacto antropogénico, la transición tiende a ser más abrupta. La altitud en la que ocurre el límite superior de bosque varía considerablemente a escala local y regional. Esta variabilidad y diferencias en el carácter de la transición (abrupta o gradual) dieron origen a un debate sobre el rol potencial del ser humano en la posición actual del límite superior de bosque y su posición "natural", y a conceptos como "paramización".

El límite entre el bosque y el páramo en la actualidad es el resultado de procesos ecológicos en el pasado, principalmente

cambios ambientales como clima, fuego y uso del suelo; los remanentes de bosques que existen actualmente son el resultado de actividades antrópicas debido al fuego y a la transformación del territorio en tierras agrícolas (Sarmiento & Frolich. 2002). Estudios en la zona de transición entre páramo y bosque montano, proveen detallada información sobre los cambios en el límite superior del bosque durante el Holoceno en el norte del Ecuador. Estos estudios sugieren oscilaciones de algunos cientos de metros (200-300 m) pero, durante los últimos 6000 años, el límite superior del bosque aparentemente está apenas por encima de lo que podemos encontrar en la actualidad (Di Pasquale et al. 2008). Estudios realizados en el sur del Ecuador, en la zona de influencia del Parque Nacional Podocarpus, establecen que el límite superior del bosque es muy variable en esta zona de depresión andina. En esta zona del Podocarpus, el límite superior del bosque se encuentra entre los 2800 m y 3200 msnm. En contraste, en zonas hacia el norte o sur, el límite superior del bosques alcanza los 4000 msnm o más (Richter & Moreira-Muñoz. 2005).

Un fenómeno relacionado con el límite superior de bosque es la "paramización" que consiste en el reemplazo de áreas de bosque andino con vegetación de páramo. Desde la época de la conquista española, la gente empezó a quemar grandes extensiones de páramo con el

fin de ofrecer rebrotes frescos al ganado. Una consecuencia directa de las quemadas extensivas fue que el páramo se extendió más allá de lo natural ya que por el efecto de las quemadas, sumado al de la tala, desaparecieron las extensiones superiores de bosque andino. El espacio que queda abierto después de una quema ya no tiene las condiciones microclimáticas del bosque, sino las del páramo (alta insolación, mucho viento, congelación frecuente, etc.). Por esta razón el límite superior del bosque es colonizado por especies del páramo que cubren el suelo con una capa gruesa de paja, limitando así la regeneración del bosque natural. La regeneración está más limitada aún porque la gente tiene la costumbre de quemar el páramo y esto afecta más a las plantas leñosas que a la paja (Lægaard. 1992, DiPasquale et al. 2008). Además, si el área es usada para la ganadería extensiva, se afecta también la regeneración de especies leñosas (Verweij. 1995).

Como consecuencia de las prácticas de ganadería y del uso de la quema, existe una zona de páramo determinada por quemadas, en la cual se encuentran fragmentos de bosque que algún día formaron parte de un bosque cerrado. En esta zona, los fragmentos se encuentran nuevamente en lugares protegidos no tanto por el microclima sino más bien porque están bajo peñas y en cañones inclinados donde pudieron sobrevivir a las quemadas (Hofstede

et al. 1998, Young & León. 2007, Contreras. 2010). Wille et al. (2002) demostraron que hay una marcada diferencia en la composición de especies entre los fragmentos de bosque que se encuentran en sitios protegidos naturalmente, por encima del límite altitudinal natural de bosque, y los fragmentos de bosque en sitios protegidos contra quemadas que algún día pertenecieron a un bosque más grande. El primer tipo de bosques está conformado por especies típicas de estos fragmentos, como *Gynoxys* y *Polylepis*, mientras que el segundo tiene especies que ocurren también en el bosque alto andino cerrado. Conocer dónde estaba el límite original del bosque y cuán intenso fue el efecto de la paramización en estas áreas, es una pregunta que últimamente ha recibido mucha atención de los investigadores. Entre otros estudios detallados al respecto están: Marchant et al. (2005), Bader (2007), Tonneijck (2009) y Moscol (2010) y más generales Sarmiento & Frolich (2002) y Suarez et al. (2011).

La regeneración del bosque sobre las áreas de páramo creadas por el impacto de la quema y la ganadería es inhibida no solamente por el uso continuo de éstas, sino también por la desaparición a largo plazo de un banco de semillas de especies leñosas y una disminución de la entrada de semillas desde los bosques naturales alrededor de la zona (entre otros: Young & Leon. 2007; Bader &

Ruijten. 2008). Tonneijck (2009) y Moscol (2010) demostraron que a largo plazo -centenares de años- sí es posible que se establezca un bosque andino sobre la vegetación de páramo. Sin embargo, el fenómeno de disponibilidad de semillas causará una probable diferencia entre la ecología de los fragmentos de bosques "residuales" (relacionados a paramización) y los fragmentos de bosque regenerados descritos por estas investigadoras. Los últimos probablemente serían dominados por especies pioneras y tendrán suelos típicos de páramo. Además, en estos fragmentos, después de varios centenares de años, se pueden esperar estados sucesionales (por ej. disminución de especies pioneras con el aumento de edad). A pesar de la relevancia para el conocimiento del impacto del cambio climático sobre el límite superior de bosque y su movimiento hacia arriba y para analizar la pertinencia de forestación con especies nativas (véase abajo), los estudios que diferencian estos dos tipos de bosque no existen todavía.

Estudios palinológicos han determinado que el impacto humano es notable en el páramo desde hace 6000 años (aumento de quemadas). Sin embargo, desde hace 2000 años se nota un impacto más fuerte con presencia de especies como el maíz (cultivos). Solo en los últimos 100 años se nota un efecto medible de supresión del límite superior del bosque (Jantz & Behling,

2012). Basado en la hipótesis de un impacto humano más antiguo que lo comúnmente establecido, White (2013) describe que el paisaje del páramo puede haber sido modificado prácticamente durante todo el Holoceno y que el mosaico de bosque y pajonal es producto de actividad de cazadores-recolectores.

3.10. Flora

Siguiendo a Luteyn (1999), en toda el área de páramo habría unas 3.400 especies de plantas vasculares y 1.300 especies de plantas no-vasculares. Sklenár et al. (2005) reportan 3.595 especies de plantas vasculares en el páramo, distribuidas en 127 familias y 540 géneros, de las cuales 14 son endémicas de los Andes del norte. Rangel (2000) menciona para Colombia 118 familias, 567 géneros y 3.380 especies y subespecies de Espermatofitas, y afirma que, al combinar estos datos con los de Luteyn, debe haber en toda la región de páramos 124 familias, 644 géneros y unas 4.700 especies. Las familias más ricas (números aproximados) son Asteraceae (100 géneros y 710 especies), Orchidaceae (57 géneros y 580 especies), Poaceae (40 géneros y 150 especies), Melastomataceae (12 géneros y 110 especies) y Bromeliaceae (7 géneros, 100 especies). Los géneros con mayor número de especies (números aproximados) son Epidendrum (105 especies), Espeletia (80 especies), Pleurothallis (80 especies),

Diplostegium (75 especies), Miconia (65 especies), Hypericum (55 especies), Monticalia (55 especies) y Baccharis (55 especies) (ver también: Cuatrecasas. 1986, Van der Hammen. 1998, Van der Hammen & Cleef. 1986).

Aunque el número de géneros que son endémicos para el ecosistema páramo es bajo, el de especies endémicas resulta alto, hecho que está relacionado con la relativa juventud geológica del páramo. El endemismo específico para toda el área es alto, pero también para muchas de las zonas geográficamente aisladas (Luteyn. 1999). La gran biodiversidad de los páramos está relacionada con la diversidad de condiciones ecológicas vinculadas con la geomorfología glacial, que ha resultado en un gran número de diferentes asociaciones vegetales (diversidad beta), cada una con sus especies típicas (Rangel 2000).

Para los páramos del Ecuador se han reportado un total de 1.524 especies de flora; es la mitad de lo reportado para Colombia en un espacio similar. Esto se debe al menor aislamiento y por encontrarse ubicados más lejos del origen de radiación de las especies de páramo en Venezuela. El páramo está conformado por especies cuya diversidad disminuye a medida que se incrementa la altitud. La mayor diversidad de especies en los páramos se localiza entre los 3 000 y 3

400 msnm; arriba de los 4 000 msnm, el número de especies disminuye (Beltrán et al. 2009).

Por la mayor transformación del paisaje (deforestación de la zona de bosque andino) la zona de transición entre bosque y páramo en Ecuador está bastante afectada, especialmente en las vertientes interandinas. Esta zona (subpáramo) se caracteriza por una combinación entre árboles, arbustos y pajonales entre los que se puede distinguir los siguientes géneros: Polylepis, Gynoxis, Buddleja, Miconia, Calceolaria, Chuquiragua, Hypericum, Rubus, Calamagrostis, Festuca y algunos helechos como Polystichum, Hypolepis y Thelypteris. En la zona de páramo la cobertura vegetal continua está representada principalmente por pajonales de los géneros Calamagrostis y Festuca. Los frailejones en Ecuador tienen una distribución restringida a Carchi, en el norte del país, y una población aislada en el centro: las dos poblaciones pertenecen a la misma especie (*Espeletia pycnophylla*). Otros géneros representativos son las rosetas de los géneros Puya y el helecho *Blechnum loxense*. Algunos otros géneros presentes en esta zona son *Gentianella*, *Halenia*, *Senecio*, *Lupinus*, *Baccharis*, *Gaultheria*, géneros característicos de almohadillas como *Plantago*, *Eryngium*, *Distichia* y *Werneria*. En el superpáramo, con condiciones climáticas más adversas, se encuentran especies especializadas

de plantas pequeñas como *Xenophyllum rigidum*, *Pernettya prostrata*, *Azorella pedunculata*, *Culcitium canescens*, *Nototriche ecuadoriensis*, *Stipa ichu* entre las principales (Sklenář. 2000).

Se estima que alrededor de 628 especies de plantas son endémicas para los páramos del Ecuador, esto equivale al 15% de toda la flora endémica del país y el 4% del total de su flora. Las familias más diversas que poseen especies endémicas para los páramos son Orchidaceae y Asteraceae, luego le siguen Gentianaceae, Poaceae, Brassicaceae, Campalunaceae, Melastomataceae, Bromeliaceae, Scrophulariaceae y Geraniaceae. Los géneros con más especies endémicas son: *Gentianella*, *Epidendrum*, *Lysiponia*, *Draba*, *Lepantes*, *Pleurothallis*, *Bachyotum*, *Berberis*, *Geranium*, *Calamagrostis*, *Gynoxys*, *Puya* y *Lupinus*. El 75% de las especies endémicas están amenazadas y apenas el 48% están dentro de áreas protegidas (León-Yáñez. 2011).

La flora de páramo en el Perú es caracterizada por otras especies diferentes a las de los páramos de los otros países andinos. Aparte de las gramíneas dominantes de *Calamagrostis* y *Festuca*, en la flora se registran especialmente: *Neurolepis laegaardii*, *Chuquiraga jussieu*, *Bejaria resinosa*, *Hypericum spruci*, *Geranium ayabacense*, *Valeriana convallaroides*, *Viola dombeyana*,

Coreopsis venusta, *Pterichis* sp., y *Baccharis genistelloides* (Novoa et al. 2011). En los páramos de Pacaipampa (Perú) se han encontrado 116 taxa, pertenecientes a 79 géneros y 39 familias botánicas. La riqueza es mayor en bajas altitudes que sobre los 3.500 m de altitud. El 45% de las especies encontradas en el estudio (suman 51 especies) son únicas de este lugar (Cuesta et al. 2012 b, c). En los límites del páramo y el bosque de neblina, Sagástegui (1999) considera que la región norte del Perú (La Libertad, Lambayeque, Piura, Tumbes, Cajamarca, Amazonas y San Martín) tiene un alto grado de endemismo, tanto a nivel de géneros como especies, debido a que está expuesta e influenciada por singulares condiciones geográficas, orográficas y climáticas. Los géneros endémicos registrados hasta ahora son 10, de los cuales 5 son monoespecíficos (*Bishopanthus*, *Chucoa*, *Laccopetalum*, *Lourtella* y *Pucara*), 4 biespecíficos (*Arnaldoa*, *Ascidiogyne*, *Ferreyrella* y *Tetrasida*) y sólo 1 tiene 3 especies (*Rauhia*). Es notable el predominio de la familia Asteraceae representada por 5 géneros endémicos.

Los páramos de Venezuela cuentan con 1420 especies (Briceño & Morillo. 2002). La Cordillera de Mérida contiene una alta diversidad de hábitats contrastantes, paisajes donde se intercalan desiertos criotérmicos con humedales y ciénagas. El grupo de los frailejones (*Espeletia-Espeletiinae*) contiene en Mérida el mayor

número de endemismos, formas de vida y estrategias funcionales y reproductivas, considerándose a la Cordillera de Mérida el mayor centro de diversificación y radiación (Cuatrecasas. 1986, Van der Hammen & Cleef. 1986, Monasterio & Sarmiento. 1991, Monasterio & Molinillo. 2003). La Cordillera de Mérida es hábitat de numerosas especies vegetales y animales que han sido reportadas como en peligro de extinción, amenazadas o vulnerables (Rodríguez & Rojas-Suárez. 1995, Monasterio & Molinillo. 2003).

En Costa Rica, se han podido identificar más de 350 especies de plantas vasculares, 230 especies de briofitas, 215 especies de líquenes, cerca de 20 especies de anfibios y reptiles, 70 especies de aves y unas 30 especies de mamíferos (Kappelle. 2003).

3.11. Fauna

Hay notablemente menor número de estudios sobre fauna de páramo que sobre la flora. Una de las razones puede ser que la flora del páramo es muy interesante por su singularidad y alto grado de endemismo mientras que en cuanto a la fauna, la mayor parte de los mamíferos pertenecen a los bosques circundantes y en aves hay muchos elementos comunes con la Provincia Altoandina (Monasterio & Molinillo. 2003). Dicho con otras palabras, la fauna no parece ser tan atractiva para la ciencia como lo es la flora, a pesar de la presencia de cuatro

de las especies más emblemáticas de todo el continente: el cóndor (*Vultur gryphus*), el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), la danta de montaña (*Tapirus pinchaque*) y el puma (*Puma concolor*).

Con respecto de la fauna asociada a los páramos colombianos, se han registrado 70 especies de mamíferos, 11 de lagartos, 4 de serpientes, 87 de anfibios; las aves cuentan con 154 especies, y las mariposas, con 130 (Rangel. 2000, Van der Hammen. 1998, Castaño. 2002a, Ardila & Acosta. 2000). Especies de fauna encontradas en los páramos de Piura, Perú, incluyen la danta de montaña (*Tapirus pinchaque*), el venado enano (*Pudu mephistophelis*) el puma (*Puma concolor*) y el oso andino (*Tremarctos ornatus*). Entre las aves importantes están el picaflor pico espina (*Chalcostigma herrani*), la reinita cresta negra (*Basileuterus nigrocridtatus*), la urraca de collar blanco (*Cyanolyca viridicyanus*), el quetzal de cabeza rosada (*Pharomacrus auriceps*), el cachudito pico negro (*Anairetes pairulus*), el matorralero de pecho amarillo (*Atlapetes latinuchus*), *Myarchus phaeocephalus*, *Geranoaetus melanoleucus*, *Chordeiles acutipennis*, *Adelomya melanogenys*, *Turdus chihuanco*, *Atlapetes leucopterus* (López. 2010).

Según Vázquez (2000) existen cinco especies de reptiles y 24 de anfibios en los páramos ecuatorianos. Hay muchas especies de anfibios, primordialmente

en las montañas tropicales, que se han extinguido en poco tiempo. El caso más típico y penoso es el de los jambatos (*Atelopus ignescens*), que habitaban los páramos en grandes cantidades y que ahora han desaparecido (Mena & Medina. 2001). Aparentemente, los anfibios son particularmente sensibles a los cambios ambientales y todavía no se sabe de manera precisa la causa de estas extinciones (Vázquez. 2000). Otros batracios propios de las alturas de los Andes son las ranas marsupiales (*Gastrotheca riobambae*) y las ranas acuáticas del género *Telmatobius*. Un sapo típico de los páramos es *Eleutherodactylus whymperi*, que vive en el pajonal y cerca de los arroyos, pudiendo llegar casi hasta el límite con las nieves.

Entre los invertebrados son de especial importancia los anélidos, que generan condiciones especiales en el suelo y lo preparan para el crecimiento vegetal. Otros invertebrados importantes son los insectos que, entre otras cosas, polinizan muchas de las especies vegetales de los páramos y controlan a las otras especies de invertebrados de las que se alimentan. Es común encontrar coleópteros (escarabajos), dípteros (moscas), ortópteros (saltamontes), lepidópteros (mariposas), odonatos (libélulas) e himenópteros (avispa, hormigas) en el suelo y en las plantas del páramo. Los arácnidos también son importantes como depredadores de invertebrados menores, lo que explica

el común hallazgo de telarañas entre los arbustos, la paja y los frailejones. Algo típico, relacionado con las adaptaciones a un medio frío y con alta irradiación como el páramo, es que la mayoría de invertebrados son negros. Muchos de estos invertebrados pueden tener interés económico en el sentido de que pueden ser beneficiosos en el control de plagas de cultivos de altura o pueden ser plagas en estos mismos cultivos (Mena. 2002).

Es evidente que de muchos grupos, como insectos y otros artrópodos, la información es todavía insuficiente o inexistente, especialmente de grupos de mesofauna del suelo (como grupos de ácaros *Oribatei* y de *Collembola*). La taxonomía de los insectos demuestra, entre otras cosas, que los páramos son islas en medio de un "océano" de bosques y zonas alteradas (Mena. 2002). La diversidad de las especies está influenciada por el tamaño del páramo (más grande, más especies), la distancia de otros páramos (más cerca, más especies) y la humedad relativa del microclima (más humedad, más especies). A pesar de la separación que ha habido en islas de páramo desde la última glaciación, aparentemente no ha habido un proceso de especiación local. Sømme et al. (1996) estudiaron las adaptaciones de especies de escarabajos de la familia *Carabidae* a las condiciones extremas de insolación por la mañana y de enfriamiento por la noche en el superpáramo del Chimborazo. Sus

conclusiones apoyan la tesis de que muchas adaptaciones de los invertebrados a estos climas drásticos son de comportamiento y no físicos o fisiológicos; por ejemplo: cazan solo en las horas del crepúsculo cuando no hay tanta insolación y, a la vez, todavía no es demasiado frío, el resto del tiempo se esconden de la insolación y el congelamiento bajo las piedras y la vegetación (Mena & Medina. 2001). Los riachuelos, arroyos, estanques y lagunas de los subpáramos poseen una

fauna de peces poco diversa que puede llegar esporádicamente a altitudes parameras. Se han introducido truchas en muchos riachuelos y lagunas de los páramos. Las truchas son de las especies *Salmo trutta* y *S. gardnerii*. Posiblemente la preñadilla (*Astroblepus longifilis*) llega esporádicamente a altitudes parameras, pero los datos no son definitivos (Mena & Medina. 2001).



@Hernán Lopera, Colombia

4 La gente y el páramo: la construcción de un socio-ecosistema

4.1. Historia de interacción entre páramo y sociedad

Hay evidencias de que el páramo ha tenido una interacción con la sociedad desde el principio de la ocupación del continente por la especie humana (desde hace 10.000 años). Debido a esta larga trayectoria de ocupación y el uso constante e intenso de muchas regiones de páramo en los últimos siglos, el páramo comienza a ser visto como un ecosistema en permanente interacción con la sociedad: un socio-ecosistema. La historia de ocupación de los páramos tuvo rasgos muy diferentes en cuatro diferentes épocas: pre-hispánica, colonial, republicana y actual; y varía mucho por cada región. Esta historia es la que determina la composición actual de la sociedad que interactúa con los páramos y la forma de uso de la tierra.

4.1.1. Época prehispánica

Dado que los seres humanos arribaron en América del Sur durante o justamente después del último periodo glacial, encontraron los páramos en sus niveles más bajos. En el Holoceno (a partir de los 10.000 años A.P.) con el incremento de la temperatura y la humedad, las zonas de vegetación (bosques montanos y páramos) subieron gradualmente. Las actividades humanas se basaban en la caza y recolección y se supone que utilizaban todo el territorio andino, incluyendo los

páramos, para diferentes productos y sus prácticas rituales (González & Cárdenas. 1995, Molano. 2010). Reyes (1995) describe la ocupación prehispánica de las zonas de páramo en Venezuela, Colombia y Ecuador como no permanente, solamente en algunos sitios hay indicios de ocupación permanente. Con el desarrollo cultural de los diferentes pueblos americanos creció el concepto de los páramos como espacios sacralizados de profundas significaciones e implicaciones espirituales, como fuente de la vida humana y como refugio de los dioses (Molano. 2010).

Uno de los patrones de poblamiento más importantes en la historia de las zonas altoandinas en Colombia fue el aprovechamiento de la diversidad medioambiental dada por los diferentes pisos térmicos de la zona. La tradicional forma de ocupación del espacio en estos ecosistemas de alta montaña es a través del manejo de sus pisos climáticos y altitudinales, por medio de los cuales las poblaciones indígenas han asegurado la provisión de productos o servicios del páramo, de los valles e incluso del piedemonte en las estribaciones occidentales y orientales (González & Cárdenas. 1995). Gracias a la ocupación vertical y a la creciente experiencia con agricultura y domesticación de animales (especialmente el cuy - *Cavia porcellus*), diferentes culturas andinas florecieron en los Andes del norte,

como los Muiscas y Pastos en lo que actualmente es Colombia; los Quitus, Puruháes y Cañaris en Ecuador; y los Guayacundos o Huayacuntus en Perú (Recharte & Gearheard. 2001, Del Busto. 2004). Aunque existe mucha evidencia arqueológica que sugiere una interacción de estos pueblos con el páramo, no existieron en los Andes del norte grupos especializados en el pastoreo a diferencia de la puna sur peruana y boliviana (Flores Ochoa. 1977). Hay indicios de feudalismo en la propiedad de la tierra a cargo de caciques locales e inclusive de propiedad privada de la tierra antes de la colonia (Crissman. 2001).

Los Incas, que conquistaron los Andes desde el Cono sur hasta la zona austral de lo que es ahora Colombia, introdujeron llamas y alpacas al páramo, subieron la altura de la producción agrícola expandiendo los sistemas de riego e introduciendo el uso de terrazas en pendientes empinadas (Knapp. 1990, Borchard de Moreno. 1998). Se estima que las guarniciones Incas, establecidas en zonas altas para vigilar el territorio, constituyen la primera presencia permanente de llamas y humanos en el páramo (Ramón. 2000, Borchard de Moreno. 1995, 1998). Otro impacto grande de la conquista Inca es la migración de pueblos (mitimaes) y el mestizaje de diferentes pueblos (Borchard de Moreno. 1998, López. 2010)

4.1.2. Época de colonia

Una combinación de conquistas violentas, desplazamientos forzados, tributos, campañas religiosas, nuevas tecnologías y especies agrícolas y ganaderas, prácticas de caza con armas y perros, enfermedades traídas de Europa, y el reordenamiento legal del territorio, permitió a los colonizadores europeos establecer control casi total sobre la tierra agrícola productiva y la mano de obra a lo largo de la sierra ecuatoriana (Recharte & Gearheard. 2001, Ramón. 2000, Barsky. 1984). Con la finalidad de asegurar y controlar tanto la tierra como la escasa mano de obra después de la conquista, las instituciones coloniales consolidaron haciendas grandes en "tierras baldías" (incluyendo páramos) con la aplicación de políticas de control social y sistemas de producción feudales (De Janvry. 1981, Weismantel. 1988, Korovkin. 1997, CESA. 1983).

En el tiempo de la conquista, los páramos ya tenían una historia bastante diferente en la zona sur (que fue conquistada por los Incas) y la zona norte. En la zona que ahora es Colombia y Venezuela, los páramos constituían ambientes muy complejos y de difícil acceso, con lo que los españoles consideraron los páramos como inhóspitos y peligrosos (Molano. 2010). Por esto establecieron haciendas en áreas limitadas donde ya había un cierto uso de la población Muisca o Pasto. En contraste,

muchos páramos del Ecuador y Perú, ya tenían infraestructura y uso para pastoreo y cultivos realizados por los Incas. Por esto, la ocupación por haciendas fue en el sur más rápida y extensa que en el norte (Recharte & Gearheard. 2001).

Durante la conquista, los rebaños de camélidos sudamericanos desaparecieron rápidamente por la cacería de los españoles, la alimentación de los soldados en las guerras civiles de españoles y por la extirpación de idolatrías; a la par, fueron reemplazados por animales europeos, principalmente ovejas (Borchard de Moreno. 1995). La formación de la hacienda incluyó la promoción del pastoreo extensivo en el páramo y la apropiación del agua, tomándose antiguas acequias prehispánicas o construyéndose nuevas canalizaciones para la producción agraria en las zonas bajas más fértiles. Se estima que entre los siglos XVII y XVIII se llegó aproximadamente a 8 millones de cabezas de ovinos (Basile. 1974). La crianza de ovinos integrada al importante mercado textil de los obreros por medio de las instituciones coloniales de control de la mano de obra fomentó el desarrollo de áreas de páramo especializadas en pastoreo de ovinos (Crissman. 2001). A la vez, las tierras altas se transformaron en zonas de refugio donde se confinó a las poblaciones disidentes así como a gran parte de la mano de obra de la hacienda; estos habitantes combinaron la agricultura en laderas con

pastoreo extensivo en los páramos (CESA. 1983, Recharte & Gearheard. 2001). Con el arribo de la colonización española, los indígenas siguieron manteniéndose como proveedores de productos cultivados cuyas prácticas de cultivo, con excepción de las herramientas de hierro, no cambiaron sustancialmente durante los primeros siglos, para los productos locales. Los cambios más drásticos se produjeron con la introducción de animales de pastoreo (ovino, bovino y caprino) y de plantas tradicionalmente cultivadas en Europa, por ejemplo cereales (González & Cárdenas. 1995). Desde entonces, la influencia y “antropización” de los páramos ha aumentado debido al establecimiento de grandes haciendas y a la ocupación por parte de una población marginada y sin tierra (Recharte & Gearheard. 2001).

4.1.3. Época republicana

La independencia de las colonias españolas en los Andes coincide -no por casualidad- con la caída del mercado de lana en Europa. Este evento forzó a las haciendas a cambiar el pastoreo hacia el ganado bovino y hacia una mayor concentración en el cultivo de cereales (Crissman. 2001). La modernización de la hacienda ganadera se inicia a fines del siglo XIX e inicios del XX con la importación de nuevas especies lecheras, pastos cultivados de mayor rendimiento, la formación de potreros y el desplazamiento de los huasipungos

hacia zonas más altas. La introducción de nuevos cultivos como el trigo y la cebada adaptados a zonas frías, pero que exponen el suelo al impacto de las lluvias, ampliaron la frontera agrícola hacia el páramo en zonas de ladera sin terrazas propensas a erosión. Esta tecnificación y diversificación de ganado y cultivos ocurrió tanto en el norte (Venezuela, Colombia) como en el sur (Perú, Ecuador). Además de la modernización de un sector de las haciendas, la expansión máxima de su control territorial se alcanzó en la década de 1930. La evolución de la hacienda y la demografía rural continuó empujando el desplazamiento de las familias huasipungueras así como de los peones y arrendatarios hacia las zonas altas, menos deseables para la hacienda pero indispensables para la subsistencia de su mano de obra (Barsky. 1984, Weismantel. 1988, Recharte & Gearheard. 2001).

En la segunda mitad del siglo XX, los diferentes países pasaron por varios procesos de reformas agrarias. Esto tuvo como consecuencias la división de haciendas, la distribución y mayor formalización de tierras de pueblos indígenas, huasipungeros y arrendatarios y la ocupación de mucho más terreno “baldío”. Entre 1974 y 1991 el área agrícola del Ecuador creció en 36% (a 2.1 millones de hectáreas), decreciendo el área en descanso y la productividad (por ejemplo en papa de 11.6 a 8.6 ton/ha), mientras

que la población aumentó de 6.5 millones a 9.7 millones (De Koning. 1999). Por la imposibilidad de seguir con políticas antiguas de control social y de territorio, y la falta de mano de obra forzada, división de tierras y conflictos sociales, muchas haciendas perdieron rentabilidad y fueron vendidas a propietarios individuales o a asociaciones de pequeños productores. A la vez, la población indígena y rural se organizó en comunidades o asociaciones con la finalidad de acceder legalmente a tierra. También en el Perú, las comunidades existentes actualmente en la zona de páramos de Piura se formaron como consecuencia de la Reforma Agraria en la década de los años 70 (López. 2010).

Después de las reformas agrarias, y en combinación con un aumento demográfico, el uso de la tierra fue más intensivo aún; las comunidades o asociaciones aplicaron técnicas de agricultura que fueron desarrolladas en vertientes más bajas y que no eran apropiadas para los páramos (cultivos de cereales, leguminosas y ganadería más intensiva). En la dinámica de la reforma agraria y más tarde con las leyes de contra-reforma, se evidenció que el problema agrario no era solo la concentración de la tierra, sino también los procesos acelerados de “minifundio”; hay autores que muy recientemente han planteado el tema del “micro-fundio” como la mayor amenaza sobre los ecosistemas de alta montaña (Murra. 2002).

Adicionalmente, la migración se presenta como un tema importante a partir de los años 30 del siglo XX. Los factores que causan la migración y sus patrones son diferentes en tres países:

En Colombia, la violencia asociada con el conflicto social causó la migración interna de gente de Boyacá hacia la Cordillera Central, que estaba en pleno auge de desarrollo agrícola; con la experiencia de agricultura en el altiplano, estos refugiados ocuparon las tierras altas y hasta hoy en día, muchos campesinos en la zona de viejo Caldas son descendientes de boyacenses (Granados. 2010). En Ecuador y Perú, la migración que empezó en los años 80 y 90 del siglo XX es consecuencia de la falta de acceso a recursos (agua-tierra) debido al proceso de reforma agraria, tierras degradadas, falta de acceso a crédito y asistencia técnica, agravados por periodos de sequía. Donde en Perú la principal migración es interna (hacia la Amazonía), Ecuador sufrió de una fuerte emigración hacia Europa. Como consecuencia de estos procesos migratorios, muchas actividades agropecuarias son realizadas por las mujeres, niños y personas mayores. Las implicaciones de esto en la gestión de los sistemas productivos provoca la disminución de desplazamientos diarios del ganado hacia las partes alejadas (Lasso. 2009).

4.1.4. Situación actual de la sociedad de páramo

El resultante de la historia de ocupación de páramo es que hoy en día hay diferentes grupos de usuarios con el uso del páramo para la agricultura como denominador común. Todavía se mantienen haciendas de decenas de miles de hectáreas que se han mantenido desde la época colonial o republicana. También existen nuevos propietarios de páramo quienes, bajo una visión empresarial, han comprado áreas extensas y las usan para fines agroindustriales en monocultivos de productos tales como papa, ajo, ganado y plantaciones forestales. La situación actual de las comunidades rurales, tanto indígenas cuanto mestizas, es producto de la combinación de procesos de colonización, marginalización, migración y mestizaje. Estas comunidades ocupan áreas variables donde es frecuente ver sobrepoblación, pobreza y degradación de tierras, mientras otras áreas son abandonadas por la migración de su población. Sin embargo, una mayor conciencia colectiva de esta situación ha resultado en un mayor apoyo a estas comunidades mediante proyectos de desarrollo rural, conservación participativa e investigación en diferentes disciplinas (Hofstede. 2011a, Llambí et al. 2013) lo que ha resultado en que en algunas áreas ya se observen varios ejemplos de sistemas socio-ecológicos bien manejados, con un equilibrio entre usos

sostenibles y conservación de páramo. Gracias al reconocimiento del páramo como ecosistema especial y atractivo con potencial para aportar al mayor desarrollo económico y urbanización de los países andinos, vinieron nuevos habitantes del páramo: los que están buscando tranquilidad y recreación. Especialmente cerca de grandes ciudades andinas como Quito, Bogotá y Mérida, hay una creciente ocupación de páramo con fincas de recreo, hostales y reservas privadas.

La gran mayoría de los usuarios del páramo son familias que usan más las zonas bajas del páramo y que complementan su economía explotando las zonas altas. Es decir, no tiene sustento identificar una "población de páramo". Sin embargo, sectores importantes de la población de los Andes son afectados por el uso del páramo, a la vez que esta población determina dicho uso del páramo.

En Colombia, la cordillera de los Andes, en sus tres ramales, alberga aproximadamente al 70% de la población del país, principalmente en áreas urbanas. Según estudios realizados por el IDEAM, 476 municipios (46,8% del total de los municipios del país) tienen territorios por encima de 2.744 msnm y 272 municipios (26,6 % del total) tienen superficies por sobre de los 3 300 msnm (Rodríguez et al. 2010). Esto significa que entre el 46,8% y el 26,6% del total de municipios del país

mantienen una importante población relacionada directamente con el páramo. Molano (2010) menciona que 150 000 colombianos están viviendo en el páramo.

En Ecuador, existen 82 cantones de cuyo territorio, el 5% lo constituyen los páramos; entre estos cantones se encuentran incluidas dos de las tres ciudades más grandes del país, Cuenca y Quito (Recharte & Gearheard. 2001).

En el caso de Perú, los páramos aún tienen una ocupación incipiente, debido a que generalmente se interpone el bosque nublado en el camino de la expansión agropecuaria.

4.2. Tenencia de tierra

En Ecuador, los páramos presentan una tendencia hacia el minifundio, especialmente en las provincias centrales de Chimborazo, Cotopaxi, Tungurahua y Bolívar. Las grandes haciendas típicas de la sierra de inicios del siglo XX han ido desapareciendo poco a poco, aunque aún se pueden encontrar algunas haciendas con extensiones de miles de hectáreas, en Cotopaxi e Imbabura especialmente. En la actualidad son las poblaciones indígenas en su mayoría las asentadas en las zonas de páramo. No se cuenta con datos exactos sobre la tenencia de tierra en los páramos pero se conoce que muchas comunidades son adjudicatarias de extensiones

grandes de páramos (mayores a 500 ha), pero al interior de las comunidades cada miembro de la asociación que se benefició con la adjudicación, tiene una parcela para su familia. En algunos casos, aunque la posesión oficial con escrituras es comunal, cada uno de los miembros de esa comunidad es el propietario de su espacio correspondiente. En el caso del uso de los páramos para pastoreo, se reconoce una propiedad colectiva para la cría de ganado como ocurre en algunos lugares de Chimborazo (Lasso. 2009).

En Colombia y Venezuela no existen datos generales de tenencia de tierra. Puesto que registran menor presencia de población indígena, no hay mucho territorio colectivo, con excepción de Cauca, Nariño y la Sierra Nevada. Muchas tierras privadas son alquiladas a productores externos para el cultivo de papas o ajo (Monasterio & Molinillo. 2003, Cubillos. 2011).

En Perú, en el distrito Ayabaca, predomina la propiedad comunal que otorga un derecho de uso de la tierra a las familias que se encuentran empadronadas como miembros activos de la Comunidad, con superficies promedio de 2 a 4 ha. En el distrito de Pacaipampa, en el predio de San Juan (sectores San Juan, El Palmo y Totorá) predomina la propiedad familiar con superficies de 2 a 3 ha. y poblaciones cuantitativamente bajas.

4.3. Cultura de páramo

La alta montaña es el espacio en que se mantuvo, durante siglos, el espacio de vida de diferentes etnias, ya fuera por razones de ocupación estratégica o por marginalización. Por esto, la historia de ocupación de los Andes ha resultado en una enorme diversidad étnica. Hasta el día de hoy, la cultura se mantiene viva y está en desarrollo. Las poblaciones de montaña han constituido diversas respuestas culturales y han establecido diferentes relaciones sociales en función de las exigencias de este ecosistema (Rhoades. 2006, Molano. 2010, León. 2011). El valor sagrado del páramo y las montañas en general es un aspecto característico de los Andes, y no solamente entre la población indígena (Ramón. 2000). El chamanismo o curanderismo es activamente practicado en el páramo, como ocurre, por ejemplo, alrededor de las lagunas de la provincia de Ayabaca y Huancabamba en Perú (Torres & Recharte. 2007, López. 2010).

En la población del páramo, diferentes personas suelen tener diferentes roles. Especialmente en las comunidades rurales que trabajan de forma cotidiana en el páramo, la participación de varones y mujeres dentro de las actividades económicas realizadas es bastante variable y, en la mayoría de casos, compartida. Por ejemplo, Saguma (2004) en un diálogo con pobladores locales, reporta que en Piura

los varones, jóvenes y adultos están más dedicados a labores agrícolas, mientras que las mujeres se dedican a labores del hogar y específicamente a tareas como transporte de leña, elaboración de quesos y la mudanza de animales. En la mayoría de los casos, las mujeres participan también en la ejecución de las labores agrícolas como la siembra, deshierbe, riego y cosecha. En el caso de los niños, éstos normalmente tienen a su cargo el transporte de agua hacia el hogar y de los alimentos hacia los campos de cultivo donde trabajan sus padres, además del pastoreo y el cuidado de los animales. Su inmersión en el campo laboral es desde muy temprana edad, lo que hace que muchos descuiden las actividades educativas o se retiren del colegio.

Las relaciones de género no están estables. En Ecuador, varios estudios han identificado que la migración económica masculina hacia las ciudades o al exterior, ha dejado mayor responsabilidad a las mujeres, niños y ancianos frente al cuidado del ganado y los cultivos. Esto altera bastante las relaciones intra - interfamiliares y la economía familiar (Arroyo. 1999, Segovia. 2013).

La emigración también ha ayudado a aumentar los ingresos familiares. Las remesas de los migrantes se usan parcialmente para salud, vivienda, pago de deudas y consumismo conspicuo. También tienen un efecto en los sistemas agrícolas, intensificando la producción de cultivos anuales (Postigo et al. 2012).



@Marcos Cerra, Ecuador

5 Impacto de actividades humanas en el páramo

5.1. Tipos de uso de la tierra

Las actividades actuales en los páramos están encaminadas a la ganadería (frecuentemente en combinación con quemadas) y los cultivos (principalmente de papa, pero también de otros productos). En ciertas zonas, estas actividades se encuentran combinadas mediante un sistema de rotación entre cultivos de papa y potreros de pastoreo. También existen otras actividades de menor extensión, como las plantaciones forestales y la minería de carbón. Las actividades humanas han causado que entre los distintos tipos de páramo que se conocen y que son determinados por su naturaleza, se encuentren varios niveles de intervención humana que han transformado el páramo en menor o mayor grado, en un mosaico de paisajes. De esta manera, en un área que originalmente fue cubierta por páramo de pajonal con unos bosquetes y algo de pantano, ahora se puede encontrar potreros, cultivos, una plantación forestal, pajonal quemado, pajonal en recuperación etc. Esto, en ciertos casos, aporta a la diversidad del paisaje y, a la vez, representa la mayor amenaza a su integridad (Hofstede. 2001b, Monasterio & Molinillo. 2003).

5.2. Impacto de la ganadería

El impacto de la ganadería sobre el ecosistema paramero depende de muchos

factores tales como el tipo de animal, la carga animal, el manejo ganadero y si el pastoreo está combinado con quema o no; por eso es difícil hacer generalizaciones. Pero dos factores unen a todos los tipos de ganadería: el consumo de vegetación y el pisoteo sobre el suelo. Es importante considerar que la herbivoría masiva en el páramo es de todos los tiempos. Aunque algunos herbívoros siempre han estado presentes en el páramo, como venados, conejos y también el oso y la danta, nunca existieron grandes hatos de herbívoros como en las praderas norteamericanas, europeas o africanas. La gran mayoría de los páramos de los Andes no tenían presencia de camélidos naturales. Esto tuvo como consecuencia que la vegetación nativa de los páramos no estuviera adaptada a la herbivoría o al pisoteo y la mayoría de las plantas no resisten bien cuando se les pisa o cuando se arranca una parte de ellas. La excepción la constituyen algunas formas de crecimiento que están adaptadas a condiciones climáticas extremas y esta adaptación les funciona también para tolerar pisoteo o consumo como las rosetas pequeñas, arbustos rasantes y la misma paja (Verweij & Budde. 1992, Laegaard. 1992).

Como la mayoría de la vegetación del páramo no tiene un valor nutritivo muy alto y los animales necesitan mucha energía para su metabolismo en climas fríos, comen relativamente mucho (Schmidt &

Verweij. 1992). La paja, al ser una gramínea, sí resiste el consumo de sus hojas, ya que tiene un meristema inferior que puede rebrotar. Sin embargo, su capacidad de rebrote es menor que la de las gramíneas estoloníferas como el kikuyo o el holco. Cuando el animal retira una buena parte central de un penacho de paja, es probable que se muera el centro de la paja y que pierda su capacidad de rebrote por la falta de aislamiento de los meristemas contra el frío o la insolación solar. Peor aún es cuando el animal, especialmente el ganado grande, pisa la paja, porque con esto daña directamente los meristemas. El resultado es que la ganadería afecta la estructura (más abierta, menos alta) y la composición de la vegetación (más especies rastreras y hierbas exóticas, menos arbustos y hierbas endémicas) (Verweij. 1995).

Distintos animales tienen efectos diferentes. Las reses y las ovejas tienen pezuñas afiladas que fácilmente penetran la paja o la capa vegetal, dejando pequeñas áreas de suelo abierto donde fácilmente arranca la erosión. Los caballos tienen la característica de que, por su digestión menos eficiente, tienen que comer más que una res. No tienen pezuñas afiladas, pero en cambio tienen cascos muy pequeños que pueden dañar especialmente áreas con suelo suave, como por ejemplo las áreas de almohadillas. Los camélidos tienen menos impacto sobre el páramo que los animales introducidos por los españoles. Tienen

un peso relativamente bajo sobre unas patas grandes, lo que reduce el efecto de compactación sobre el suelo. Tienen patas suaves sin pezuñas y por esto no abren la capa vegetal. Además, están adaptados a comer hasta paja seca, por tanto usan relativamente poco espacio por animal y no requieren de la quema en absoluto. Dicho esto, tampoco es que no tengan ningún impacto o un impacto positivo; en general tienen los mismos impactos que los animales introducidos, pero en menor intensidad (White & Maldonado. 1991, Molinillo. 2000). Sumado a esto, están las dos décadas de experimentación con la cría de camélidos que no ha logrado masificarse en razón de los desafíos zootécnicos y de acceso a mercados (Mena et al. 2011).

El efecto del pastoreo sobre el suelo es, por una parte, indirecto: porque el daño que causa a la vegetación tiende a desaparecer la capa vegetal, tan importante para la protección del suelo; pero también hay un efecto directo: la compactación de suelo por el pisoteo. La compactación es causada por el peso de los animales, ya que el suelo del páramo, por su alto contenido de materia orgánica, es suelto y suave, y se deja compactar fácilmente. En un suelo más compacto hay menos espacio para agua, pero el suelo compacto pierde su capacidad de infiltración. Así, el ganado tiene un efecto indirecto sobre la hidrología: en áreas de pastoreo existe

algo menos de capacidad de retención de agua, mientras que durante los aguaceros hay una posibilidad más alta de escorrentía superficial y erosión (Hofstede. 1995a, Buytaert et al. 2006). Conociendo el impacto de la ganadería sobre la hidrología, en Mucuchíes (Venezuela), han cercado praderas con humedales. Un primer estudio de los cambios que generan estas cercas ha sido realizado por Valero (2010) quien observó cambios rápidos en la vegetación y una rápida disminución de la densidad aparente en las áreas protegidas del pastoreo (Llambí et al. 2013)

5.3. Impacto de quemas

Es imposible ver la ganadería separada de la quema. En toda la extensión del páramo, existe la práctica común entre los campesinos de quemar la vegetación alta para proveer al ganado con pastos más verdes y tiernos que crecen después. En realidad, esto es solo un efecto visual y de disponibilidad. La vegetación no crece más rápido después de una quema porque no existe un efecto de fertilización por las cenizas (lo que sí ocurre en otros ecosistemas) (Hofstede. 1995b, Vargas. 2002). Es más, la productividad de la vegetación nativa tiende a decrecer después de una quema porque los puntos de crecimiento están más expuestos a condiciones climáticas extremas. Sin embargo, el mayor efecto de la quema se

da sobre la vegetación. Un área quemada tiene una vegetación diferente que un área sin quema. La razón es que la quema afecta de diferente manera a las plantas, animales y suelo. Lastimosamente, son las especies típicas y valiosas del páramo (árboles como *Polylepis*, arbustos, frailejones) las que no resisten la quema, y especialmente la quema repetida, mientras que otras especies, especialmente malezas exóticas, se ven beneficiadas por el nuevo espacio creado (Laegaard. 1992).

El impacto de la quema sobre el suelo es indirecto. Gracias a la gran cantidad de paja, las llamas casi nunca alcanzan el nivel del suelo y no afectan directamente a la capa de hojarasca o a la fauna del suelo (Ramsay & Oxley. 1996). El efecto indirecto consiste en que al desaparecer una gran parte de la vegetación, el suelo pierde su capa aislante y así en la noche, las temperaturas a nivel del suelo son más bajas y en el día más altas. Las temperaturas más altas tienen como consecuencia que la descomposición aumenta y con esto desaparece el mantillo y los restos vegetales que quedan después de la quema. En el suelo descubierto y con mayores temperaturas existe una mayor evaporación y el suelo tiende a secarse (Hofstede. 1995a, Ramsay & Oxley. 1996).

El ecosistema necesita varios años para recuperarse de una quema. Aunque al año ya se nota que la paja tiene un tamaño alto, todavía demora unos años para

que la cobertura del suelo sea completa y varios años más hasta encontrar su estructura natural, con una alta cantidad de hojas muertas. Verweij (1995), Ramsay (1993) y Vargas (2002) mencionan que se necesita un periodo de entre 8 y 15 años para una regeneración completa de la estructura (es decir, la altura, la biomasa y el porcentaje de material muerto) en comparación con la situación antes del fuego. La regeneración de la composición de la vegetación (número de especies, tipo de especies, diversidad de hábitats) es más difícil, si acaso no imposible, de determinar. Varios investigadores han evaluado la regeneración de la vegetación después de quema mediante comparación de parcelas o el monitoreo de una misma parcela después de quema (Laegaard. 1992, Verweij. 1995, Ramsay. 1993, Vargas. 1997, Keating. 1998).

Hay mucho conocimiento sobre la sucesión inicial después de la quema, pero muy poca certeza sobre la regeneración total. Esto tiene que ver, de un lado, con la inseguridad de cómo sería el estado "natural" de los sitios que han sido quemados y, del otro lado, porque áreas quemadas normalmente no se quedan sin otra intervención (ganadería u otra quema). Vargas (2002) menciona que muchas especies pueden sostener la quema cuando la frecuencia es entre 5 a 10 años, pero cuando la frecuencia aumenta a una quema cada 3 a 5 años,

aquellas también desaparecerán. Las especies que más sufren de quemadas son las leñosas. Algunas de ellas logran regenerar pronto desde su base, otras desaparecen por completo y tienen que restablecerse mediante colonización de semillas. Todos los autores coinciden en que el impacto de la quema y la posterior regeneración, dependen mucho de la intensidad de la quema, probablemente más que del tipo de vegetación. Por las razones expuestas, no hay una estimación exacta de la época necesaria para una regeneración completa de la composición de la vegetación después de una quema, pero sí hay indicaciones de que después de 20 años es notable que la vegetación todavía no es igual que la original (Verweij. 1995, Keating. 1998).

Cuando la ganadería se combina con la quema, los efectos de las dos se suman. Por la quema, la vegetación vieja desaparece y el suelo queda más descubierto. Cuando el ganado es introducido después de la quema, consume los nuevos rebrotes frenando así la recuperación de la vegetación. Igual, el efecto del ganado, especialmente el abrir la vegetación con las pezuñas, es más grave en campos quemados que en áreas no quemadas donde es menos probable que una pezuña pase por la gruesa capa vegetal. También el efecto de ganadería y quema sobre la composición de la vegetación es más notable cuando vienen combinadas.

Juntas, tienen un efecto negativo sobre algunas especies típicas del páramo, pero benefician a otras, especialmente las malezas exóticas. Se han encontrado áreas con una leve intensidad de quemadas y ganado, donde la cantidad total de especies vegetales es igual que en un área de páramo sin intervención; no obstante, al analizar las especies, resultó que en el área con quema y ganadería, varias especies típicas de páramo ya no estaban presentes sino que había otras especies exóticas oportunistas. En áreas con una mayor intensidad de ganado la cantidad total de especies también fue menor (Verweij. 1995, Hofstede. 2001b).

5.4. Impacto de cultivos

El cultivo de la papa llega a altitudes cada vez mayores, acercándose más a los 4.000 msnm. En parte, esta zona corresponde a cultivos de rotación, los cuales originalmente se podían dejar después de una cosecha en barbecho hasta por 20 años pero, actualmente, con agroquímicos, este periodo se ha reducido significativamente, lo que no permite una regeneración apropiada de la vegetación. Además, se ha extendido la siembra de pastos introducidos, convirtiendo la vegetación de páramo, poco a poco, en potreros. Actualmente, muchas áreas de páramo están ocupadas por los "grandes paperos", que compran o alquilan áreas grandes y destruyen la vegetación original

por completo con maquinaria pesada. El desplazamiento de la agricultura a altitudes mayores está relacionada con el desarrollo de variedades de papa más resistentes a las heladas y con el aumento de la temperatura asociada al cambio climático global actual (Morales et al. 2007).

Los cultivos ejercen el mayor impacto sobre el páramo porque para la preparación de los terrenos se arranca toda la vegetación y se vuelca el suelo. Al volcar el suelo, éste se seca superficialmente y muchos de los nutrientes inmovilizados en el suelo volcánico se liberan. Esto resulta en una productividad alta y, en realidad, parece que los cultivos parameros tienen mucho éxito pero este éxito es muy relativo. Después de la primera cosecha el efecto de la liberación de nutrientes termina y el suelo queda con una baja disponibilidad de nutrientes, igual que antes de la preparación del terreno. Sin embargo, por la sequía, se pierde mucha materia orgánica y, con ella, la capacidad de retención de agua. Es más: los suelos que en su forma natural son retenedores de agua, al secarse cambian de estructura y se hacen repelentes de agua. Así, cuando un suelo descubierto y seco recibe un aguacero, el agua no puede entrar en el suelo sino que se escurre superficialmente, llevando consigo las partículas de suelo seco que flotan sobre el agua. Las partículas secas del suelo, cambiadas en su estructura,

nunca vuelven a tener su estructura original y por esto la recuperación tanto de la vegetación como del suelo demora mucho tiempo (Ferwerda. 1987, Poulenard. 2000, Poulenard et al. 2004, Hofstede. 2001b). La destrucción de la vegetación natural y la erosión de los suelos, así como la utilización de agroquímicos, influye considerablemente en las propiedades de los suelos, especialmente en la disminución de la capacidad de retención de humedad y de la calidad del agua superficial e infiltrada, así como en el incremento en la meteorización de la materia orgánica y en la pérdida de nutrientes (Morales et al. 2007).

Por todo lo dicho anteriormente, el cultivo es la actividad que mayor impacto tiene sobre el páramo y necesita de un manejo cuidadoso para ser sustentable. En un estudio que compara una cuenca de páramo natural, con solo ganadería extensiva, con una cuenca fuertemente alterada por cultivo y ganadería intensiva, se muestra que el coeficiente de escorrentía bajó en un 36%, implicando claramente una reducción en la eficiencia en el almacenamiento de agua (Buytaert et al., 2006)

El impacto de cultivos depende mucho de la escala y ritmo de cultivo/barbecho. Si bien la perturbación de un cultivo es fuerte, la evaluación del impacto a nivel de paisaje depende mucho del tamaño

de la parcela en relación al páramo en su totalidad. Evidentemente, entre más tiempo se deja la parcela en descanso, más oportunidad se da a la recuperación del ecosistema. Por esto, unas pocas parcelas de papa de un cuarto de hectárea en un páramo de centenares de hectáreas, con descansos de décadas tiene un impacto diferente que un sistema agroindustrial de bloques de decenas de hectáreas y descanso de pocos años (Robineau et al. 2010).

En Venezuela se ha estudiado el modo en que el sistema tradicional de cultivos, de baja intensidad y largos descansos, logra mantener un buen nivel de estabilidad de suelo y biodiversidad (Monasterio. 1980, Llambí & Sarmiento. 1998, Abadin et al. 2002, Llambí et al. 2003, Sarmiento et al. 2003, Sarmiento & Llambi. 2011). Estos estudios concluyen que, contrariamente a la creencia de que los ecosistemas alto andinos son muy frágiles y con poca resiliencia, con largo descanso (más de una década) el páramo sí recupera una parte considerable de sus especies y su fisonomía. Se han podido definir patrones claros de respuesta sucesional en las comunidades vegetales, comenzando con especies invasoras introducidas, seguidas por especies intermedias nativas que ayudan a restaurar la fertilidad del suelo. Finalmente, comienzan a dominar rosetas y arbustos característicos del páramo. Sin embargo, algunas especies del páramo

no llegan a colonizar las parcelas y la regeneración de la diversidad nunca es completa, siendo empobrecidas florísticamente. También a nivel del suelo, se ha observado recuperación de enraizamiento, colonización por micorrizas y condiciones químicas del suelo (Llambí et al. 2013). Prácticas adicionales como la combinación de cultivos y la siembra de árboles o arbustos para la conservación de suelos, junto con una mayor utilización de cultivos andinos (tubérculos) que necesitan menos fertilizantes y químicos para su éxito, son otros elementos para disminuir el impacto de cultivos (Dehn. 1995).

También en Venezuela, se ha investigado el efecto que una perturbación de mayor intensidad tiene sobre el páramo, como es el cultivo de trigo desde el periodo colonial hasta mediados del siglo XX en los valles secos interandinos. Estos estudios (Sarmiento & Smith. 2011) han mostrado que en los casos en que se sobrepasa un umbral físico de degradación, no es posible la recuperación espontánea del ecosistema y, por lo tanto, las sucesiones se encuentran detenidas. Esto se debe a la pérdida de la fracción fina del suelo por erosión y a la disminución de la materia orgánica, perdiéndose la regulación sobre el balance hídrico y la

retención de nutrientes.

5.5. Impacto de la forestación

En algunas áreas de páramo en Colombia (Cauca, Nariño, Cundinamarca, Boyacá) se ha tratado de sacar provecho al páramo mediante la plantación industrial de árboles. Existe ya bastante evidencia de que en la zona altoandina hay varios efectos nocivos de la forestación masiva; uno de ellos consiste en que, durante la implantación, se retira parte de la vegetación existente y se perturba el suelo, pero aún más importantes son los efectos durante el crecimiento de la plantación, especialmente en especies de rápido crecimiento que consumen mucha agua, disminuyen el rendimiento hídrico y finalmente secan el suelo, razón por la cual hay mayor descomposición y pérdida de fertilidad (Farley et al. 2004, Farley & Kelly. 2004, Farley. 2007). Buytaert et al. (2007) demostraron en un estudio de cuencas comparadas que las plantaciones de pino puede reducir el rendimiento hídrico del páramo hasta en un 60%, más aún que los cultivos agrícolas.

La conclusión de los estudios cuantitativos y detallados es que el manejo actual de los páramos es muy nocivo para la vegetación y el ecosistema, y que el efecto cada vez mayor y más extenso de este manejo llevará a un deterioro progresivo del paisaje de páramo y del sistema hídrico. El

efecto de las quemas y de la agricultura del monocultivo, es todavía mucho más nocivo de lo que se pensaba hasta ahora. Eso se demostró claramente en un estudio de los cambios en la vegetación de páramo en Laguna Verde, en el noroeste de la cuenca alta del río Bogotá. Se interpretaron y compararon imágenes de satélite de 1970 y 1990. En 1970 el páramo tenía un 50% de cobertura arbustiva, mientras que en 1990 el área total del páramo había sido reducida un 30%, convertida en pastos y cultivos; la cobertura arbustiva, que contiene una gran parte

de la biodiversidad paramera, había desaparecido casi por completo (Van der Hammen et al. 2002). Esta situación ha venido sucediendo en muchos de nuestros páramos, como consecuencia de las quemas y de los cultivos temporales de papa, ya que el crecimiento de especies leñosas a estas alturas es muy lento y no pueden establecerse en estas condiciones de uso y manejo. Estos hechos tienen una gran influencia negativa sobre la captación del agua y la biodiversidad (Morales et al. 2007).



@Ricardo Escobar, Ecuador

6 Impacto del cambio climático sobre el socio-ecosistema páramo

6.1. Evidencias de cambio climático en los páramos

El acelerado cambio del clima, causado por el efecto de un rápido aumento de gases de efecto invernadero originarios del uso de combustibles fósiles, deforestación y agricultura, es una realidad innegable y sus efectos son percibidos por grandes grupos de la sociedad.

Sin embargo, las evidencias del cambio del clima en los Andes son muy variables: si bien el aumento de temperatura es absolutamente evidente y se encuentra presente en todo el mundo, la información cuantitativa (¿cuántos grados sube la temperatura?) y datos sobre la conducta de los diferentes aspectos de la temperatura (mínima/máxima promedio o absoluta, diferencias diarias, variabilidad estacional) son mucho más escasos y no son uniformes. La información existente sobre las características del cambio climático en cuanto a precipitación es mucho menos uniforme que la referente a la temperatura. Hay algunas tendencias comprobadas a nivel local pero éstas son tan diversas (en ciertas áreas hay más lluvia y en otras hay menos) que no agregan a una tendencia clara a nivel de los Andes. En este aspecto, tampoco han ayudado los modelos matemáticos para simular posibles efectos de cambio climático (Buytaert et al. 2010, Anderson et al. 2011, Marengo et al. 2011, Buytaert & Ramirez. 2012).

En el escenario donde las propias características (temperatura, lluvia) del cambio climático son apenas parcialmente conocidas, el efecto del fenómeno sobre la biodiversidad, la hidrología, la agricultura y la sociedad relacionado con los páramos es bastante especulativo (Buytaert et al. 2010, de Bievre et al. 2012). Tomando en cuenta esta falta de información y de tendencias claras, es muy difícil presentar un estado de conocimiento sobre el impacto de cambio climático sobre el ecosistema y la sociedad del páramo. La escasez de la información es aún más crítica en áreas naturales y de difícil acceso como los páramos, porque hay aún menos estaciones climáticas. Además, la gran heterogeneidad del paisaje no facilita generalizar tendencias. Por esto, el análisis que se presenta a continuación está basado en un volumen muy limitado de información científica y escenarios probables que surgieron de modelos climáticos. Para complementar esta escasa información, se incluyen varias investigaciones que identifican los posibles efectos de cambio climático que no son comprobados científicamente pero que están basados en supuestos lógicos y en el conocimiento del funcionamiento del socio-ecosistema.

6.2. Cambios en la temperatura

Hay un incremento comprobado en el aumento de la temperatura media anual en todo el mundo. Las estaciones climáticas

en los Andes tropicales confirman esta tendencia: los datos generales muestran un aumento de 0.1 a 0.2 oC por década en el último siglo, pero un aumento mayor (hasta 0.5 oC por década) en los últimos 25 años (Anderson et al. 2011, Marengo et al. 2011). En Ecuador, a nivel nacional y tomando los datos de 39 estaciones, la temperatura media anual se incrementó en 0.8 °C, la temperatura máxima absoluta en 1.4 °C y la temperatura mínima absoluta en 1.0 °C en los últimos 50 años (MAE y Proyecto GEF/PNUD/MAE 2011). Especialmente relevante para los páramos es que a mayor altitud hay mayor aumento de temperatura (Marengo et al. 2011, Urrutia & Vuille. 2009, Buytaert et al. 2010). Por esto, existe una tendencia en los incrementos considerables de la temperatura en las estaciones climáticas de pisos térmico frío y páramo. En las estaciones de páramo alto, se presentan aumentos en la temperatura máxima (día), cercanos a un grado centígrado por década, mientras que, en las de páramo bajo están entre 0.3 y 0.6 oC por década. Se observa que los incrementos más altos se presentan en el páramo alto (superpáramo; Benavides. 2010, Cabrera et al. 2010b).

Según los escenarios de cambio climático realizados por Pabón (2007) hacia mediados del siglo XXI para la región de los Andes colombianos, habría un incremento de temperatura anual del aire de entre 1.5 y 2.0°C, por encima de lo observado en el período de referencia 1961-1990.

Estimaciones más recientes (Pabón. 2008, Ruiz. 2010), elaboradas para finales del siglo XXI, plantean un aumento de la temperatura del aire del orden de los 4°C (Rodríguez et al. 2010).

Hay varias teorías sobre el hecho de que a mayor altitud el aumento de temperatura es mayor. El fenómeno puede estar asociado a que el aire es más limpio y la capa atmosférica que deben recorrer los rayos solares es más delgada (especialmente la radiación UV que tiene un alto contenido energético) y que éstos interactúan con una mayor concentración de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) a estas alturas. (Cabrera et al. 2010). Otros autores lo atribuyen al aumento de humedad de aire relacionado con la evapotranspiración más alta con mayores temperaturas, hecho que baja la tasa de disminución de temperatura con la altitud. También la reducción de albedo relacionado a la desaparición de glaciares puede tener su efecto en un mayor aumento de temperatura a mayor altitud, pero esto parece ser solamente un efecto local (Buytaert et al. 2010, Fyfe & Flato 1999).

Hay bastante variación del aumento en temperatura. La temperatura diaria promedio de diferentes páramos en Colombia (en Cundinamarca, Tolima y Boyacá) incrementó en 1 °C, 0.9 °C y 1.9 °C, respectivamente, en el período de 1970 a 1990 (0.45 a 0.95 °C/década). Ruiz et al.

(2008) presenta un aumento de 0.7 oC por década, igual que Marengo et al. (2011) para la cuenca del Río Santa (Cordillera Blanca, Perú).

En la temperatura mínima (asociada a las horas de la noche y la madrugada), los incrementos en las estaciones de páramo son muy bajos. Incluso cabe resaltar el hecho que en las estaciones El Cocuy, El Cardón, El Paraíso y El Túnel, en Colombia, se presentan leves tendencias negativas o disminuciones (Cabrera et al. 2010) indicando que si bien hay un aumento de la temperatura promedio, puede haber mayor incidencia de heladas. Del otro lado, gracias a estudios realizados en los Andes Peruanos, es posible afirmar que temperaturas máximas tiendan a subir más, evidenciado que a elevaciones tan altas como 5.680 m, las temperaturas diarias máximas suben encima de 0 °C (Bradley et al. 2009, Buytaert & Ramírez. 2012). Esta tendencia también la reportan Ruiz et al. (2008) para la Cordillera Central colombiana: un aumento de 1.3 oC/década en la temperatura del día más caliente, en comparación de 0.7 oC/década para la temperatura promedio. Sin embargo, esta tendencia es incierta porque Anderson et al. (2011) y Vuille et al. (2008) encontraron lo contrario, mayor aumento en temperaturas mínimas que en máximas. Probablemente, la diferencia entre estas tendencias radica en la escala: si bien la tendencia general puede ser una, la realidad en un lugar específico es otra (Buytaert et al. 2010).

Mirando el futuro, los modelos coinciden en un aumento de temperatura en los Andes. El conjunto de modelos climáticos dice que la temperatura subirá en promedio 3 + 1.5 oC hasta el final del siglo XXI. La variedad sobre este promedio se explica por la gran variabilidad local y las limitaciones en los modelos y datos que alimentan a estos. Se prevé que el aumento a la altura de páramo sea mayor (4 - 5 oC); sin embargo, la variabilidad temporal y espacial a pequeña escala puede seguir siendo dominada por fluctuaciones naturales del sistema climático por fenómenos como el de El Niño (Buytaert et al. 2010).

6.3. Cambios en la precipitación

Existen muchas evidencias de cambio en los patrones de precipitación, pero estos cambios varían entre las diferentes partes de los Andes y no hay una tendencia clara (Anderson et al. 2011). Estudios regionales con base en análisis de series largas de registro de precipitaciones, no han encontrado tendencias marcadas sobre cambios de precipitación (Buytaert & Ramírez Villegas. 2012). Sin embargo, es posible encontrar una tendencia moderada en el incremento de la precipitación y condiciones más húmedas al norte de los 11°S, en Ecuador, mientras que en el sur del Perú y a lo largo del límite peruano-boliviano, la mayoría de estaciones indica una disminución de la precipitación. En general, los estudios sugieren una

intensificación del ciclo hidrológico durante las últimas décadas (Huntington. 2006).

Según los escenarios de cambio climático realizados por Pabón (2007) para Colombia, hacia mediados del siglo XXI los cambios de la precipitación anual estarían entre +/-10%, con aumentos (hasta el 10%) en el sector del piedemonte oriental y la vertiente pacífica, y disminuciones (hasta -10%) en los altiplanos y valles interandinos. Estimaciones más recientes (Pabón. 2008, Ruiz. 2010) elaboradas para finales del siglo XXI, plantean reducciones de hasta el 50% de la precipitación anual en el altiplano; por su parte, en los piedemontes oriental y occidental (vertiente pacífica) habría aumento de la precipitación de hasta el 30% (Rodríguez et al. 2010).

Estaciones climáticas en Colombia indican un decrecimiento de precipitación de 5-10 mm a nivel mensual (Castaño. 2002a, Cabrera et al. 2010). Ruiz et al. (2011) describen una tendencia general para los páramos de Colombia con más precipitación total en la Cordillera Occidental, menos en la Cordillera Oriental y un patrón variable en la zona interandina. Esto coincide con su observación para el Páramo de Los Nevados (Cordillera Central colombiana) en el que no hay diferencia en el total de la precipitación pero sí se encuentra mayor frecuencia de eventos extremos (Ruiz et al. 2008). Este último no coincide con la tendencia general,

Cabrera et al. (2010) encontraron en los páramos colombianos una tendencia a la disminución de eventos extremos de lluvia contrario con lo evidenciado en los otros pisos térmicos.

La disminución en la precipitación observada en la Cordillera Oriental colombiana es causada por influencia de vientos más secos del Caribe, que también han causado menor precipitación en los Andes de Venezuela (Buytaert et al. 2010, Marengo et al. 2011). Sin embargo, no hay datos de series largas de precipitación en los páramos venezolanos por la desmantelación de las estaciones meteorológicas a esta altitud (Llambí et al. 2013).

Según el registro de estaciones meteorológicas en toda la Sierra ecuatoriana, la cantidad anual de precipitación entre los años 1960 y 2006 ha variado de forma diferenciada en las regiones, con cierta tendencia hacia el incremento en zonas de la Sierra. En promedio, la precipitación anual se incrementó en un 8% en la región interandina (MAE y Proyecto GEF/PNUD/MAE. 2011). En la Cuenca de Paute (Azúay, Ecuador) no encontraron una diferencia en lluvias, pero sí un aumento en la estacionalidad (mayor concentración de lluvias en meses húmedos) (Timbe, 2004). En Perú, las tendencias observadas por Marengo et al. (2011) muestran incrementos sistemáticos de la precipitación en el flanco

occidental y reducciones en las zonas centro y sur del flanco oriental de los Andes. Las evaluaciones de los extremos de precipitación han establecido que en los Andes peruanos hay una reducción de eventos extremos de precipitación, mientras que se ha detectado un incremento en los Andes del norte de Perú, donde se encuentran los páramos.

Si bien las observaciones de datos pluviométricos recientes resultan apenas en unas indicaciones de tendencias generales para ciertas partes de los Andes, los modelos para simular escenarios de precipitación a futuro no coinciden en nada. Al comparar diferentes modelos en uso por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), Buytaert et al. (2010a) encontraron que no había ninguna región de los Andes donde todos los modelos coincidieran; es decir, para cualquier parte de los Andes bajo estudio, hay modelos contradictorios que predicen, ya sea un incremento del volumen de lluvias ya sea una reducción de lluvia (Vea también: Buytaert & Ramírez Villegas. 2012, Viviroli et al. 2011).

En un tema donde sí hay coincidencia entre varios estudios es en la disminución de la nubosidad, fenómeno que causará mayor irradiación y mayor cantidad de días soleados en el páramo (Grabherr et al. 2010, Anderson et al. 2011). En el Páramo de Los Nevados (Colombia), Ruiz et al. (2008)

mencionaron que los datos de humedad relativa máxima, promedio y mínimo bajaron 1.8, 3.9 y 6.6% por década en promedio y que el número de días soleados subió en 2.1/mes en promedio.

6.4. Impacto sobre la biodiversidad y zonas de vida

Los aspectos del cambio climático que potencialmente tendrían un impacto sobre la vegetación del páramo son: el aumento de temperatura, los cambios en el régimen pluviométrico y de humedad del aire y una mayor irradiación. Esto puede tener efecto sobre la posición de cinturones altitudinales, aparición y desaparición de especies que toleren o no nuevas condiciones de humedad e irradiación, y condiciones climáticas que facilitan el avance de la agricultura y la ganadería, afectando la vegetación (Araujo & Rahbek. 2006, Anderson et al. 2011, Cuesta et al. 2012 b, c). A nivel de especies, hay tres respuestas generales al cambio climático: movimiento, adaptación o extinción local. Se puede esperar una interacción entre estos tres mecanismos: un acelerado reemplazo de distribución de especies puede resultar en tasas de extinción y también en impactos sobre la fenología y fisiología de especies (Parmesan & Yohe. 2003, Buytaert et al. 2010, Cuesta et al. 2012b)

Se supone que las especies de alta montaña son especialmente vulnerables

al cambio climático por dos razones principales: (a) adaptaciones específicas a condiciones climáticas extremas hace que pequeños cambios en estas condiciones (especialmente cuando son menos "extremas", por ejemplo porque las temperaturas suben) causaría que otras especies ocuparan los nichos y (b) los ecosistemas de alta montaña tienen una extensión limitada, tienden a ser fragmentados y las especies encuentran barreras físicas para moverse a otras áreas (Grabherr et al. 2010, Bendix et al. 2013).

En áreas de alta montaña tropical, las características tanto de la historia natural como de nicho, pueden incluir como probabilidades que la abundancia de ciertas especies disminuya o que se extinga. Por ejemplo, especies de plantas especializadas en sus hábitats, especialmente de aquellos que existen en espacios limitados como las cumbres de las montañas, son muy susceptibles al cambio climático (Thuiller et al. 2005, Foden et al. 2008, Larsen et al. 2011). También en especies de fauna con patrones de distribución restringido o en riesgo, la proyección de condiciones climáticas de "confort" muestra una disminución de su área de distribución potencial, situación más dramática en las zonas montañosas (Forero et al. 2010, IAvH 2011, Larsen et al. 2011). Si el patrón de otras montañas en el mundo (Peñuelas & Boada. 2003, Sanz-Elorza. 2003, Pauli et al. 2007) se repite en los páramos, las especies

relacionadas al superpáramo son las más amenazadas (Buytaert et al. 2006).

Basados sobre modelos de distribución y condiciones climáticas y de potencial disminución de nichos bajo diferentes escenarios del cambio climático a futuro, Cuesta et al. (2008) estiman que en los páramos andinos alrededor de 35% de las especies de aves (102 especies) y el 60% de las especies vegetales (125 especies), se extinguirían o resultarían críticamente dañadas para el año 2080. De hecho, la flora y fauna de páramo y superpáramo serían más afectadas que las de otros biomas. Los escenarios de afectación de especies son muy sensibles a la potencial capacidad de dispersión. Los escenarios con dispersión nula evidenciaron una pérdida sustancialmente mayor en la riqueza de especies de plantas y aves que el escenario con dispersión ilimitada. Los valores máximos de pérdida de riqueza en este escenario, para todos los Andes, fueron de 1.244 especies para las plantas y 295 para las aves (Cuesta et al. 2012b). Sin embargo, y como admiten los mismos autores, mencionar datos absolutos sobre posibles extinciones basados sobre modelos climáticos en el futuro no tiene mucho valor, considerando que hay una enorme diferencia entre estos escenarios. Lo que se puede concluir es que los estudios teóricos refuerzan el hecho de que la pérdida y fragmentación de su hábitat potenciarán el riesgo de extinción por efectos del

cambio climático en muchas especies de montaña (Larsen et al. 2011). No obstante, a la fecha del presente reporte no existen estudios en los Andes del norte orientados a evaluar: 1) la capacidad de dispersión de especies andinas en diferentes paisajes con distintos grados de alteración, 2) la forma en que los cambios climáticos actúan sobre la diversidad genética de las poblaciones, y 3) cómo esta diversidad puede ayudar a generar procesos de adaptación a las nuevas condiciones (Cuesta et al. 2012b, c).

Tovar et al. (2013) hicieron un análisis de ecosistemas andinos con diferentes escenarios de cambio climático y observaron que diversos biomas de montaña responden de forma divergente al cambio climático; es decir, no todos los biomas se moverían en la misma dirección y en el mismo grado. Resulta que hasta el 2050, el 75 - 83% de biomas quedan estables; 4-8 % cambian (generalmente suben) y el resto (13-17%) no hay consenso entre modelos. Sin embargo, todos los modelos coinciden en que los glaciares, superpáramos y páramos son los más afectados; el 30% de páramo cambiaría (pérdida neta). Ruiz et al. (2011) estiman la potencial pérdida de páramo para este periodo en 50%. Estos datos coinciden con otras publicaciones que enfatizan la vulnerabilidad de los ecosistemas de páramo y superpáramo frente al cambio climático (Josse et al. 2011, Young et al. 2011).

Para Colombia, se estima que el 70% de los ecosistemas de montaña pertenecen a las áreas potencialmente más afectadas en el periodo 2011-2040 (Cabrera et al. 2010). Las estimaciones de tasas de extinción en la montaña son altas, en especial para especies con distribución restringida. Las primeras extinciones podrían esperarse entre la flora típica que está restringida a los pequeños superpáramos del país. Por su parte, en los páramos, el cambio implicaría un desplazamiento altitudinal de las condiciones del hábitat de entre 140 y 800 m, lo cual desencadenaría situaciones de extinción masiva hacia el 2050, según proyecciones térmicas (Cabrera et al. 2010). La extinción en cuellos de botella en el paisaje, en especial para especies con distribución restringida, no sucede solo en la alta montaña. Forero et al. (2010) mostraron cómo en los macizos montañosos, dependiendo de su topografía corrugada, se generan cuellos de botella similares en las vertientes (IAvH. 2011).

En Colombia también se analizaron los desplazamientos de las zonas de vida de Holdridge para la evaluación de los posibles impactos en la cobertura vegetal e identificar su vulnerabilidad. De acuerdo con esto, se estima que la zona de vida nival se vería afectada en 92%, desplazándose 65% a páramo pluvial subalpino y 27% a superpáramo. A su vez, las zonas de vida montano, subalpina y alpina, ubicadas

por encima de los 2.500 msnm, y que corresponden a los subpáramos, páramos, superpáramos y nieves, se podrían ver afectadas entre 90% y 100%, lo que equivaldría a un desplazamiento altitudinal no sólo dentro de las zonas que señala el diagrama de Holdridge, sino a alturas biogeográficas mayores que las que actualmente ocupan en la región andina (www.cambioclimatico.gov.co).

Otros efectos del cambio climático sobre la biodiversidad incluyen la mayor presencia de enfermedades y plagas, aparición de especies invasoras que reemplacen especies nativas y efectos de mayor irradiación en la epidermis de plantas (Young et al. 2001, Anderson et al. 2011, Bendix et al. 2013). Urbina & Castro (2010) modelaron los nichos ecológicos de tres especies de anfibios y reptiles con potencial de invasión y concluyeron que su presencia podría pasar del 10-30% del territorio al 33-75% en escenarios previstos de cambio de temperatura. Sin embargo, de ninguno de estos efectos, si bien son probables, se tienen evidencias científicas en el páramo. Hay enfermedades y plagas, especies invasoras, entre otras, pero ha sido hasta ahora imposible evidenciar que la causa es el cambio climático.

En general, el conocimiento sobre cómo el efecto del cambio climático incidirá en la biodiversidad de los Andes del norte, a través de los diferentes procesos, es todavía

primordialmente conceptual y existen vacíos grandes de conocimiento por escasez de datos empíricos y experimentos en condiciones controladas. Preguntas claves todavía no han sido resueltas respecto a si el factor limitante más importante es la temperatura del aire o la del suelo, o si las temperaturas promedio son más importantes que los rangos térmicos diarios, o si la asimilación de carbono, su consumo o los procesos de regeneración son los factores más limitantes (Körner. 2005, Cuesta et al. 2012 c). Ni siquiera los aspectos ampliamente aceptados como la subida altitudinal de cinturones de vegetación por el aumento de temperatura o la extinción local de especies han sido evidenciados empíricamente en los Andes. Si bien el movimiento altitudinal ha sido comprobado en otras zonas montañosas (Peñuelas & Boada. 2003, Sanz-Elorza. 2003, Pauli et al. 2007), no hay resultados publicados para los Andes.

Actualmente, las publicaciones que hacen predicciones sobre movimientos de cinturones altitudinales generalmente están basadas en las características ambientales, en el rango de distribución de especies o biota y en el supuesto según el cual al cambiar estas características, la flora también debe cambiar (Anderson et al. 2011, Cuesta et al. 2012 c, Tobar et al. 2013) Esto, sin embargo, no es siempre un hecho. Los modelos presentan “desplazamiento de especies” hacia zonas bioclimáticas

proyectadas, sin tomar en cuenta que se trata de desplazamiento de las condiciones climáticas de su hábitat y no necesariamente de las condiciones del hábitat de las mismas. En el páramo, por ejemplo, el suelo orgánico profundo que está en la base del funcionamiento del sistema, requiere miles de años de formación, por lo que el cambio en condiciones de clima en un menor plazo presumiblemente produciría reconfiguraciones de comunidades nuevas con base en especies invasoras nativas o exóticas. Resulta pues inquietante la apreciación de que los cambios globales puedan estar llevando a situaciones de pérdida inevitable de biodiversidad (Ruiz et al. 2008; Buytaert et al. 2010).

Algunos estudios demostraron que en realidad la biodiversidad no reacciona de acuerdo al supuesto, que originalmente parecía lógico, que especies y biota suben en altitud con el aumento de temperatura. Feeley et al. (2011) analizaron datos históricos de herbarios para comparar altitudes en las que fueron encontrados géneros comunes de árboles de bosques andinos. Encontraron que en el último siglo definitivamente los árboles aumentaron en su rango de distribución hacia altitudes mayores pero no tanto como se esperaría por el aumento de temperatura. Además, los árboles no se extinguieron a altitudes menores. Este fenómeno indica que la flora tiene mayor resistencia y capacidad de adaptación a nuevas

condiciones ambientales. Otros estudios han demostrado que hay una interacción compleja de temperatura con otros aspectos ambientales que determinan el cambio de cinturones. Por ejemplo, Bader (2007) demostró que hay un avance limitado en el movimiento altitudinal de especies leñosas por vulnerabilidad a la irradiación y Tovar et al. (2013) demostraron, basados en modelamiento, que contrario a ecosistemas húmedos, los ecosistemas andinos secos tienden a extenderse hacia altitudes menores con diferentes escenarios de cambio climático.

6.5. Impacto en el límite superior del bosque

El aspecto del movimiento de cinturones altitudinales con el cambio climático más estudiado es la posición del límite superior del bosque, porque es más clara su discontinuidad y por esto es tan interesante para ver y dar cuenta de los efectos del cambio climático (Werner et al. 2013). El cambio climático actual está asociado con un movimiento hacia arriba del límite de bosque superior (LSB) potencial, el cual probablemente guarda el carácter de potencial por la continua elevación del límite agrícola (Cuesta et al. 2008, Young et al. 2011). Sin embargo, por la complejidad estructural, espacial y temporal del LSB (Bader et al. 2007, Körner. 2012), algunos autores consideran el LSB relativamente estable y sugieren que sería necesario

un cambio climático considerable para causar un incremento altitudinal en el LSB y que ciertos umbrales limitan una reacción rápida del LSB al cambio climático (Bader et al. 2007b). Esto es atribuido a condiciones microclimáticas específicas en el páramo (alta radiación, gran variabilidad diurna en temperatura) que limitan el establecimiento y sobrevivencia de plántulas de especies leñosas. Otro factor que puede tener influencia es la mayor concentración de CO₂ atmosférico que afecta la competencia entre plantas con ciclos C₃ y C₄, o sea entre especies leñosas (bosque) y gramíneas (páramo) (Boom et al. 2001). Finalmente, los supuestos cambios del LSB están basados en modelos climáticos usando gradientes térmicos actuales (0.6°C/100 m alt.). Sin embargo, estudios recientes mencionan una probable disminución de este gradiente (Urrutia & Vuille 2009). Una implicación de todo esto es que las extrapolaciones lineales del cambio climático a cambios en la posición del LSB no son necesariamente correctas (Sevink & Hofstede, en prensa).

Una aproximación para predecir cambios en el LSB y cambios potenciales en la composición de la vegetación por el cambio climático es el estudio de los cambios históricos tanto en altitud como en composición de cinturones altitudinales de vegetación. En toda la historia de la tierra han ocurrido cambios climáticos a diferentes escalas temporales, causadas por ciclos astronómicos (actividad solar,

órbitas e inclinación del planeta etc.) (Velásquez & Parra. 2011). Gracias a los estudios paleoecológicos ya es conocido que los ciclos glaciales-interglaciales del Cuaternario han resultado en cambios mayores y repetitivos en la posición del LSB. Originalmente, esto fue atribuido a los cambios de temperatura solamente pero, producto de recientes estudios palinológicos de alta resolución, fue evidenciado que la variabilidad climática es más compleja. Las variaciones en temperatura están acompañadas por cambios definidos en precipitación y resultan en cambios más complejos en la vegetación (Hooghiemstra & van der Hammen. 2004, Weng et al. 2006). Según una investigación de los cambios climáticos y ambientales durante una glaciación completa, la humedad climática (laderas secas vs. húmedas) tiene un impacto modulador entre la posición altitudinal de la LSB y el cambio climático, por lo tanto los cambios en la concentración atmosférica de CO₂ tienen un impacto significativo en la posición altitudinal de la LSB (Cabrera et al. 2010).

Además, la variabilidad climática y los consecuentes cambios en LSB ocurrieron en lapsos temporales mucho más cortos que lo observado anteriormente (Moscol. 2010, Bogotá et al. 2011, Groot et al. 2011). Con estos estudios recientes, da la impresión que el LSB es bastante inestable y que la composición de los cinturones

altitudinales de vegetación en el tiempo ha sido muy variable, incluido el Holoceno tardío. Esto implica que el LSB "natural" puede ajustarse relativamente rápido a cambios en las condiciones climáticas y que está elevándose desde el inicio del cambio climático actual.

6.6. Impacto sobre glaciares

En los Andes, un efecto del cambio climático directamente visible para toda la población es la reducción de glaciares. En Perú, los glaciares cubrieron un área de 2041 km² en 1970 pero han declinado en un 22%, hasta 1595 km², en 1997 (Bradley et al. 2006, Vuille & Bradley. 2000, Vergara et al. 2011). La superficie del mayor de los glaciares estudiados en Perú en la Cordillera Blanca disminuyó un 15% en 30 años. La mayoría de los glaciares menores, ubicados entre los 5000 y 5500 m.alt., probablemente desaparecerán dentro de dos décadas. Entre ellos se incluye el único glaciar en Venezuela (La Corona), el glaciar en el Nevado Santa Isabel (Colombia) y el Iliniza Sur y el Carihuairazo en Ecuador (Francou et al. 2005). Los glaciares que poseen una vasta área de acumulación y están ubicados a mayor altitud (entre los cuales se encuentran los glaciares en los cuatro volcanes mayores en Ecuador y las cordilleras nevadas en Perú) pueden de alguna manera compensar el déficit producido en largos períodos de ablación (Cáceres. 2010).

Los mayores glaciares del Ecuador (en los volcanes Cotopaxi, Antisana y Chimborazo) se han reducido en promedio en un 38% durante 40 años. Se estima que para los próximos diez años el pie de los glaciares ecuatorianos sube a una altura aproximada de 4975 m.s.n.m. La reducción es mayor en los últimos años: entre el 1997 y 2006, se estima que la superficie total de glaciares en Ecuador se redujo de 60 a 48 km² (Maisincho. 2009, Cáceres. 2010). En contraste, los pequeños glaciares (Iliniza, Carihuayrazo, Altar), ubicados a menor altitud, están sometidos a balances negativos permanentes; estos glaciares se encuentran extremadamente desbalanceados y están en riesgo de desaparecer completamente durante las dos próximas décadas (Cáceres. 2010). De manera general, los glaciares con una exposición hacia la vertiente amazónica sufren una reducción menor que los glaciares que se encuentran expuestos hacia la vertiente oeste por la descarga de una mayor cantidad de humedad sobre este flanco (Cáceres. 2010).

Hasta hoy en día, en Colombia el límite glaciar inferior se encuentra desde los 4.700 a 4.800 m de altitud. Anualmente se pierde aproximadamente entre el 3% y 5% del área glacial. En 2002 a 2003, el área total de los glaciares era de 55,4 km², mientras que para el lapso 2006 a 2007 la superficie se redujo a 47,1 km² en seis masas glaciares. Desde 1940, se han perdido glaciares en un

total de ocho montañas y, según Poveda & Pineda (2009), alrededor del año 2022 desaparecerán los casquetes de hielo remanentes en las montañas del país. Uno de estos es el glaciar Santa Isabel (Parque Nacional Natural Los Nevados). En este glaciar se registró para el periodo 2006-2007, una pérdida de espesor del hielo de cerca de tres metros anuales. Aunque se tengan acumulaciones parciales producto de periodos invernales intensos, éstas no son representativas dentro del balance total anual, lo cual implica que este glaciar, al solo tener ablación, tenga una acelerada extinción (www.cambioclimatico.gov.co).

La desaparición de glaciares no es solamente una consecuencia del calentamiento global: el derretimiento acelerado tiene una relación directa con el fenómeno de El Niño (normalmente, en años del niño hay menor lluvia en la alta montaña) y con actividad volcánica (ej. la desaparición del glaciar en el volcán Tungurahua ocurrió con las erupciones de 1999; Buytaert et al. 2006, Cáceres 2010, Ruiz et al. 2011).

6.7. Impacto sobre suelos e hidrología

Los glaciares típicamente proveen una fuente constante de agua de deshielo para sostener caudales de ríos durante las épocas secas. Por ejemplo, Ruiz et al. (2011) compararon dos cuencas en el parque Los Nevados; un río que nace en glaciar y otro

que no se alimenta de deshielo. Aunque los dos pasan también por extensas áreas de páramo y bosque andino, el río originario de deshielo mantuvo un buen caudal en época seca, mientras el que no lo tiene entra en estrés hídrico. Esto implica claramente el efecto que tendrá la inminente desaparición de los glaciares de Los Nevados sobre los ríos que se alimentan de ellos.

En general, la disminución de volumen de los glaciares tiene un efecto directo que se evidencia en menor flujo base y mayor variabilidad de caudales en quebradas que tienen su origen en los glaciares (Francou & Coudrain. 2005, Juen et al. 2007, Vergara et al. 2011). Por ejemplo, en Perú han modelado tres cuencas que se originan en glaciares, pasa por Jalca y desembocan en la costa desértica del Pacífico. Encontraron que los flujos base del río Santa, que tiene una enorme masa glaciar en su fuente en la Cordillera Blanca, en época de estiaje decrecerían –según estimaciones- hasta un 28% para el año 2050. Sin embargo, en el río Rimac, que tiene una masa glaciar mucho menor, no hay efecto significativo (Vergara et al. 2011). Entre el 30% (en época húmeda) y el 67% (época seca) del caudal del río Santa tiene origen en el deshielo (Condom et al. 2011). Ruíz et al. (2011) demostraron que por efecto del cambio climático los caudales tienen la misma conducta pero con un mes de rezago.

Si bien la acelerada descongelación de glaciares tiene un efecto medible sobre la hidrología, especialmente en época seca, los efectos sobre los caudales de páramo son relativamente pequeños. Este fenómeno obedece a que en la región de los páramos, contrario a lo que sucede en la región de jalca o puna, la superficie de glaciares es relativamente pequeña y la precipitación en el páramo es mayor que en los otros biomas (Buytaert et al. 2006). Por ejemplo, la cuenca con mayor superficie de glaciares en Ecuador (Guayllabamba) provee agua a la ciudad de Quito, capital del país. Si bien a nivel local, cerca del volcán Antisana, los glaciares permiten contar con una contribución al caudal de los ríos del orden del 35%, a nivel de la ciudad de Quito, los aportes de agua de origen glaciar representan apenas entre el 2% y el 4% del total anual de agua (Villacis et al. 2011). Esto indica que, finalmente, la regulación hídrica del ecosistema páramo es un factor mucho más importante para los caudales a nivel de cuenca que la dinámica del glaciar, sin menospreciar la importancia de los glaciares para la regulación de caudales base. Es probable que el efecto de descongelación de glaciares sobre la hidrología del páramo sea mayor en cuencas de páramo con glaciares con relativamente baja precipitación como, por ejemplo, alrededor del volcán Chimborazo en Ecuador (Buytaert et al. 2006).

Los efectos del cambio climático sobre la hidrología del páramo son muy poco conocidos; los estudios al respecto están basados principalmente sobre supuestos lógicos y especulativos. Las características hidrológicas positivas del páramo son determinadas por la combinación del clima (precipitación relativamente alta en combinación con una baja evapotranspiración), vegetación (cobertura completa con vegetación compacta de estructura compleja y presencia de turberas) y suelo (alta cantidad de materia orgánica). Un cambio en el primer factor (clima) afecta a los otros y así afecta la hidrología. Por esto, los supuestos sobre el efecto del cambio climático sobre la hidrología pasan por los cambios previsibles en la vegetación y el suelo.

El impacto del cambio climático sobre la vegetación del páramo –por lo menos sobre las características que influyen la hidrología, tales como la biomasa y la estructura- no ha sido evaluado, aunque existen varias publicaciones que presentan especulaciones basadas en supuestos lógicos. Se supone que el aumento de temperatura resulta en mayor acumulación de biomasa y mayor productividad primaria ya que la temperatura es uno de los principales limitantes para el crecimiento de la vegetación. Esto significaría mayor producción de hojarasca y raíces, que aumentaría la entrada de materia orgánica en el suelo. De otro lado, con el cambio

climático, la vegetación del páramo es más vulnerable al fuego porque los periodos secos serán más pronunciados. Esto no quiere decir que habría mayor ocurrencia de eventos de fuego (que siguen siendo causados por la gente) sino que los incendios se extendería hacia mayores extensiones (Ruiz et al. 2011).

El posible impacto del cambio climático a los humedales afectaría de forma potencialmente fuerte la hidrología por su rol de mantener los reservorios naturales (Buytaert et al. 2006). Aunque no hay estudios que evidencian el impacto concreto, teniendo en cuenta la limitada capacidad de adaptación de los humedales, se considera que estos cuerpos de agua se encuentran entre los ecosistemas más vulnerables al cambio climático. Ya que los humedales dependen de un preciso balance hidrológico, un pequeño aumento en la variabilidad de los regímenes de precipitación puede afectar de manera importante la flora, la fauna y especialmente la masa de materia orgánica (la turba) de los humedales y bofedales (IPCC. 2008c, Cabrera et al. 2010).

Si hubiera un cambio mayor en los tipos de vegetación (en este caso: si el páramo es reemplazado por bosque andino) hay un cambio grande en el tipo de hojarasca (con otras características químicas) y un cambio drástico en relación plantas/raíces que probablemente afectaría drásticamente

la cantidad y tipo de entrada de materia orgánica en el suelo. La cantidad de materia orgánica en el suelo tiende a ser menor en el bosque andino que en el páramo, pero los bosques desarrollan una capa gruesa de hojarasca encima del suelo. En resumen, la cantidad de materia orgánica en el perfil podría ser similar si el páramo fuera reemplazado por bosque andino (Davidson & Janssens. 2006, Buytaert et al. 2010).

En realidad, es poco probable que el páramo sea reemplazado por bosque andino con el aumento de la temperatura. Por la presión humana, es más probable que haya un avance del límite agrícola. Los tipos de vegetación asociados a los usos de tierra encontrados actualmente en la zona por debajo del páramo, tienen menor biomasa tanto por sobre como por debajo del suelo (Vanacker et al. 2003, Dercon et al. 2007) y por esto, la lógica dice que con mayor temperatura y avance del límite agrícola, habrá menor biomasa en total y menos materia orgánica en suelos (Buytaert et al. 2010).

La respuesta concreta de la hidrología del páramo al cambio climático no está evidenciada empíricamente, solo existen supuestos lógicos basados sobre los procesos bióticos y abióticos que fueron mencionados anteriormente. Se prevé mucha variabilidad y no hay posibilidades de formular generalizaciones

especialmente porque no hay claridad sobre la conducta de la precipitación bajo escenarios de cambio climático. Existe una tendencia (no comprobada) de mayor evapotranspiración (hasta el 20%) y una ligera tendencia a mayor precipitación en la mayor parte de la superficie del páramo y estos dos fenómenos se compensan (De Bievre et al. 2012). Existe una predisposición más fuerte hacia una estacionalidad mayor con épocas de estiaje más fuertes en ciertas zonas.

Esto causaría una situación más crítica en cuencas donde también se ha registrado menor precipitación (probablemente los páramos en zonas interandinas) (Ruiz et al. 2011). Las cuencas que tienen su origen en glaciares tienen una menor sensibilidad en época de estiaje pero el cambio climático reduciría esta ventaja (Vuille et al. 2008). En algunos casos, se estima que por el derretimiento, la disponibilidad actual y de los próximos años será más alta que el promedio histórico; sin embargo, luego de este período de mayores caudales, se prevé que la disponibilidad será drásticamente menor (Mark & McKenzie. 2007). Muchas cuencas estratégicas de los Andes del norte (Río Paute, Río Guavio, Río Medellín, Río Bogotá) no tienen cobertura glaciar y las que sí lo tienen (Río Guayllabamba, Río Rímac) tienen una superficie de glaciares limitada, en comparación con las cuencas de los Andes centrales (de Bievre et al. 2012).

Un eventual aumento en el ingreso de materia orgánica al suelo por mayor productividad del páramo, probablemente sería compensado por una mayor descomposición de esta materia orgánica debido a mayores temperaturas y a la menor humedad de suelo (Buytaert et al. 2006, 2010; de Bievre et al. 2012). La elevada sensibilidad al incremento de la temperatura que caracteriza a la materia orgánica del suelo en la alta montaña, seguramente hará que, al degradarse, los procesos de regulación hídrica de las cuencas allí presentes y, por ende, los regímenes de caudales, se vean modificados. Por lo tanto, los ecosistemas altoandinos serían más sensibles que la selva tropical húmeda en condiciones de incremento de temperatura (Cabrera et al. 2010). Un cambio hacia mayor estacionalidad (épocas secas más pronunciadas) implicaría la aceleración de la descomposición de la materia orgánica (Price & Waddington. 2000, Waddington & Roulet. 2000) y desarrollo de hidrofobia (Poulenard et al. 2004). Dada la fuerte relación entre el contenido de materia orgánica, la porosidad de suelo y la capacidad de retención de agua, estos procesos podrían afectar seriamente la capacidad de regulación hídrica de los suelos de páramo. Si bien el supuesto lógico propone que la tendencia a mayor descomposición de materia orgánica, a mayores temperaturas, conduciría a menores propiedades hídricas, no hay todavía estudios que comprueben esto

empíricamente. Todo el proceso cuantitativo de descomposición y participación de las comunidades microbianas del suelo es prácticamente desconocido para las condiciones que se podrían esperar por un aumento de la temperatura y reducción de la humedad en los ecosistemas altoandinos (Cabrera et al. 2010).

El proceso de hidrofobia aumenta el riesgo de erosión de los suelos, especialmente en combinación con la eliminación de vegetación, por ejemplo, para la siembra de cultivos (Buytaert et al. 2006). Canabeiro et al. (2008) analizaron en detalle los procesos que causan la emisión de CO₂ hacia la atmósfera en el páramo bajo un régimen agrícola en Venezuela. Determinaron que la emisión de CO₂ (y por ende, la pérdida de materia orgánica) depende de características geoquímicas (presencia de aluminio) y de la accesibilidad a la fracción lábil de la materia orgánica. Debido a que esta fracción es escasa (la gran mayoría de la materia orgánica se encuentra en la fracción estable) en un sistema de agricultura con largos periodos de barbecho, la emisión de CO₂ y la pérdida de materia orgánica es poca. Sin embargo, el estudio describe que, finalmente, la fracción estable sí puede ser mineralizada, lo que explicaría mayor pérdida en combinación con usos de la tierra más intensivos (Podwojewski et al. 2002, Poulénard et al. 2004).

6.8. Impacto sobre actividades productivas

Se presupone que una parte importante de los páramos ya ha sido transformada en áreas agrícolas (potreros, sembríos u áreas en barbecho con ganadería). Debido al desconocimiento de la extensión original, es imposible dar cifras exactas de la superficie de páramo que está siendo transformada en áreas agrícolas. Una estimación gruesa para el Ecuador dice que aproximadamente el 40% del páramo original está transformado en agroecosistemas y un 30% son pajonales usados en la ganadería extensiva (Hofstede et al. 2002b). Posiblemente debido a la menor presencia humana en Perú, Centroamérica y áreas considerables de Colombia y a la gran superficie de páramo incluida en áreas protegidas en Venezuela, es probable que esos países tengan un porcentaje menor de áreas transformadas que Ecuador; pero, en todos los países andinos, el páramo interactúa con la agricultura por ser el mayor sustento de la población. Por otro lado, la relación del páramo con la agricultura no se verifica solamente porque el área de páramo sea utilizada para este fin, también la agricultura de ladera depende de la integridad del páramo. Por esto, eventuales impactos del cambio climático en cultivos y ganadería afectan directamente al páramo y a la sociedad que está asociada.

Para el caso de Colombia, se estima que una tercera parte de las zonas que actualmente son agroecosistemas podría verse afectada ante un eventual cambio climático. De ser así, los agroecosistemas de la zona andina serían los más vulnerables, en más del 47% de su extensión. Así mismo, es previsible una afectación del Bosque Basal Amazónico (BBam) hasta en 14%, al igual que un 30% del Bosque Basal Orinoco (BBo) y un 7% del Bosque Basal Pacífico (BBp). El Bosque Andino (BA) sufriría el impacto en el 43% de su extensión (www.cambio-climatico.gov.co).

La agricultura en Colombia tiene un papel importante pues aporta entre 5,0 y 5,8% del PIB nacional y, en algunos departamentos, con el uso de amplias extensiones de páramo (Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Norte de Santander y Tolima), su participación es superior al 11% del PIB municipal (periodo 2000-2007). Esta actividad también juega un importante rol social, pues gran parte de las áreas de cultivo son pequeñas unidades productivas asociadas fundamentalmente a actividades de auto sostenimiento. Esta actividad sería una de las que mayor impacto sufriría por el cambio climático (Cabrera et al. 2010b).

A pesar de los avances tecnológicos -entre los cuales se cuentan las mejoras vegetales, los organismos genéticamente modificados y los sistemas de riego-, el clima, el suelo y la biota son todavía factores clave en la

productividad agrícola. Y aunque existe una relación de la agricultura con el clima mundial, la agricultura está relacionada con el clima local y la sensibilidad ecosistémica propia del área de estudio, relación no menor pues, según el Panel Internacional sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), las zonas de las regiones tropicales y subtropicales serán las más afectadas en cuanto al deterioro de su estructura productiva. Esto se agrava para las regiones de la alta montaña, pues según Cabrera et al. (2010), estas son precisamente las que recibirán el mayor impacto. Así, es de esperarse que los mayores efectos del cambio climático en la agricultura de la alta montaña se deban, entre otros, a mayores temperaturas, cambios en la disponibilidad de agua, nuevas incidencias de plagas de insectos, cambios en los procesos de descomposición y a la desaparición de comunidades microbianas del suelo. Estos últimos efectos son prácticamente desconocidos, especialmente cuando se modela un aumento de la temperatura y reducción de la humedad en los ecosistemas altoandinos (Cabrera et al. 2010b). Adicionalmente, la incertidumbre sobre los escenarios del cambio climático en los Altos Andes (véase secciones de impacto en clima y humedad) dificultan analizar el posible impacto del cambio climático en la agricultura. Por ejemplo, si bien hay consenso sobre mayor temperatura media, no hay un patrón claro de las tendencias en temperaturas

máximas y mínimas (heladas). En caso de mayor temperatura media pero con mayor incidencia de heladas (Ruiz et al. 2008) los cultivos igual encontrarán menor aptitud climática.

El supuesto más ampliamente apoyado es que el cambio climático, a través de temperaturas más altas, tendrá mayor productividad en general y, en zonas de montaña, la agricultura se podría practicar en altitudes mayores. Por ejemplo, agricultores de las zonas de San Juan y El Palma del entorno del páramo de la provincia de Ayabaca (Perú), afirman que en altitudes superiores a los 2,700 msnm cercanas a las altitudes del páramo, están prosperando cultivos que tenían como límite los 2,500 msnm, como el caso de la arveja y maíz (datos no publicados, Proyecto Páramo Andino, Instituto de Montaña, Perú). Esto implica un avance del límite agrícola hacia los páramos, especialmente mediante el cultivo de papas (Hijmans. 2003). Por otra parte, en altitudes donde un cierto producto solía ser cultivado, éste ya no encuentra condiciones óptimas. Puesto que a mayor altitud hay menor superficie, las especies de montaña tiendan a perder espacio. Hijmans (2003) estimó que, en las zonas de montaña tropical, el cultivo de papa podría disminuir en un 30%. Esta pérdida podría ser sólo del 10% si se aplican medidas de adaptación (cultivares más resistentes al calor y a las plagas, mejor manejo de

estaciones y riego).

Postigo et al. (2012) realizaron un ejercicio de modelaje para conocer la aptitud climática para 25 cultivos andinos bajo diferentes escenarios del cambio climático. Encontraron una tendencia del aumento en la altitud de todos los cultivos que resulta en diferentes patrones de ampliación y disminución de la aptitud climática. A nivel regional, se observan patrones espaciales heterogéneos en las áreas de pérdida y ganancia en la aptitud de los cultivos seleccionados. Especialmente en Venezuela, hay pérdida de aptitud en muchas especies (17), en Colombia en 10 y en Ecuador y Perú ha disminuido el espacio para 8 especies. Las áreas de mayor ganancia se ubicarían en las zonas altas en los Andes. Esto sugiere un patrón general de movimiento hacia arriba en los cultivos seleccionados, con una pérdida de aptitud para los cultivos de altura y una expansión para los cultivos de tierras bajas. De los cultivos de altura (relacionados con los páramos) hay una disminución en la aptitud climática para trigo, ulluco y quínoa en casi todos los países. Sin embargo, la aptitud para la papa solo disminuirá drásticamente en Venezuela y aumenta ligeramente en los otros países con páramo.

Aparte de la aptitud climática, el análisis de los escenarios predice una mayor incidencia de plagas en todas las altitudes y una mayor presión sobre los sistemas productivos

altamente dependientes del agua de precipitación. Simultáneamente, los procesos en los cambios sociales, políticos y económicos -que coexisten e interactúan con las condiciones ambientales- influyen en el tipo de respuestas observadas a nivel local (Postigo et al. 2012).

Los impactos del cambio climático sobre la agricultura ocurren, en parte, por el impacto de ese mismo fenómeno sobre el suelo. Se podría esperar, en un principio, una mayor mineralización de los compuestos nitrogenados atrapados en la fase orgánica del suelo, lo cual podría traer un mayor rendimiento de los procesos productivos tradicionales en las primeras etapas, que más tarde se podría traducir en mayor descomposición de la materia orgánica y menor retención de humedad con alteraciones en la infiltración. Lo anterior podría verse agravado de manera irreversible con mayores presiones por efecto del pisoteo y los cambios en la densidad aparente de los suelos, reduciendo la productividad, e incluso, llevando los suelos productivos a un deterioro irreversible. No obstante, este deterioro no es homogéneo para toda la zona de alta montaña, pues se prevé que el impacto sea mayor en las regiones donde los niveles de actividad agrícola son muy bajos, bajos o medios, así como en la vertiente occidental de la cordillera central en la zona de Huila (Colombia),

donde los rendimientos son muy altos (Cabrera et al. 2010b). El posible cambio en la física y la química del suelo junto con la aptitud climática, no están siendo tomados en cuenta en los modelos de cultivos andinos bajo cambio climático y podría influir la aptitud general para los cultivos.

Si bien hay pocas evidencias empíricas del impacto del cambio climático sobre los cultivos andinos, la población los percibe claramente. En un estudio sobre percepción del cambio climático en una población del páramo en Chimborazo (Ecuador) se reportó que el mayor efecto percibido por los pobladores es el aumento del frío en las noches (heladas), calor en el día y menos predictibilidad de las precipitaciones. Esto se traduce en cambios en los patrones de siembra y cosecha. El cambio en las épocas de lluvia ha provocado una reducción en el número de especies cultivadas y una mayor dependencia hacia la ganadería, con la ampliación de pastos en las zonas de páramo (Segovia. 2013, Hofstede en prensa a). En Cotacachi (Ecuador) un estudio de percepciones sobre el cambio climático identificó una disminución en la cantidad de lluvia y un aumento de la temperatura que ha posibilitado el cultivo de maíz en zonas más altas. Se registra la presencia de nuevas plagas; los cambios bruscos de clima facilitan el apareamiento de hongos

en los cultivos de papas (Rhoades. 2006, Van der Molen. 2007).

6.9. Aspectos sociales, culturales y económicos

A nivel global, el cambio climático afecta especialmente a los habitantes que dependen directamente del entorno natural, es decir, a los pueblos indígenas y a las comunidades rurales. A pesar de su alta exposición-sensibilidad, las comunidades indígenas y las comunidades locales están respondiendo activamente a las condiciones climáticas cambiantes y han demostrado su capacidad de reacción y recuperación frente al cambio climático (Nakashima et al. 2012). Esta capacidad se basa en una larga historia de adaptación a condiciones cambiantes (desde mucho antes del fenómeno actual del cambio climático) que se ha integrado en sus estrategias de vida, especialmente en ambientes extremos (alta montaña, zonas costeras, zonas áridas) (Galloway et al. 2011). Hofstede (en prensa) expuso que pobladores de diferentes ecosistemas en América del Sur perciben de forma detallada el impacto del cambio climático. Lógicamente, notan con más preocupación los aspectos que más les afecta en su medio de vida: heladas y vientos en alta montaña, falta de agua e incendios en biomas secos, y pluviosidad y fluctuaciones del nivel del río en el bosque tropical. Sin embargo, todas las comunidades notan una menor predictibilidad de las estaciones húmedas

y secas, lo que afecta principalmente a aquéllas que dependen de la agricultura de pocas especies.

Es difícil comprobar cuán correctas son las observaciones sobre el cambio climático de las comunidades locales. Existen pocos estudios que comparan estas observaciones con mediciones de temperatura o precipitación. Es evidente la percepción general de mayor temperatura y menor regularidad (por ende, menor previsibilidad) de épocas de lluvia y sequía, lo que corresponde con los estudios meteorológicos y los escenarios publicados (Buytaert & Ramírez-Villegas. 2012). Sin embargo, estos estudios son muy generales y tratan cambios a una escala nacional o subnacional, pero no a nivel local de una comunidad. Por esto, no es posible comparar la observación de la gente con datos reales.

Varias investigaciones, en otras partes del mundo, han intentado hacer esta comparación, con distintos niveles de éxito. Gearheard et al. (2010), por ejemplo, registraron observaciones detalladas de pueblos inuit en el ártico sobre cambios en patrones de viento, que no coincidían con datos de estaciones meteorológicas. Por otro lado, sí podían confirmar cuantitativamente las observaciones de los inuit referentes a una mayor variabilidad en la temperatura entre días individuales. Estos estudios evidencian que las percepciones de las comunidades indígenas no siempre son

comprobables mediante las observaciones cuantitativas, hechas con herramientas científicas (Hofstede. en prensa a).

La diferencia entre la observación por comunidades locales y la ciencia climatológica sobre el cambio climático puede tener varias razones: a) la enorme atención reciente sobre el cambio climático, que logra que la gente tienda a percibir cambios y asignarlos al fenómeno global, sin que haya una variación medible; o b) cambios en el ambiente causados por otras razones, atribuidos al cambio climático (ej. la deforestación causa la sequía de quebradas, pero las personas lo atribuyen a menor pluviosidad por el cambio climático). Dicho esto, también existen diferencias fundamentales entre la percepción científica y las observaciones hechas por la población directamente afectada por el cambio climático. Por ejemplo, donde la ciencia obtiene los valores promedio recogidos en áreas grandes, la gente local se concentra en valores extremos y en efectos locales. De la misma manera, donde la ciencia se concentra en parámetros individuales (reduccionista), las comunidades se concentran en el efecto combinado, integral (ej. la percepción de la combinación de viento, lluvia y temperatura). Finalmente, los parámetros medidos por la ciencia climatológica no siempre son apropiados para describir los fenómenos que percibe la comunidad (ej. el mosaico de la lluvia o el cambio de dirección en el viento) (Marín. 2010, Nakashima et al. 2012,

Weatherhead et al. 2010).

Segovia (2013) y Torres & Frías (2012) analizaron estrategias de adaptación al cambio climático en ambientes de montaña en Latinoamérica (incluyendo el páramo). La base de la adaptación, según estos autores, es el conocimiento tradicional sobre el manejo del agua y la agrobiodiversidad. Las prácticas que presentan como exitosas para la adaptación al cambio climático incluyen agroforestería, diversificación en los cultivos, cultivos de ciclos cortos con largos periodos de barbecho, cambio de ganado bovino a camélidos, reforestación con especies nativas, conservación de áreas protegidas, terrazas, cosecha de agua, etc. Esta serie de acciones ha sido promovida durante décadas por todos los programas de desarrollo rural sustentable en los Andes; muchas de ellas, antes de la conciencia reciente de los impactos del cambio climático. Esto indica que estas prácticas, si bien no son desarrolladas para enfrentar el cambio climático, tienen su base en el conocimiento de la gente local para aplicar un manejo adecuado y adaptativo del ambiente, que las hace aptas para ser incluidas en estrategias de adaptación al cambio climático (Buytaert et al. 2010, Hofstede. en prensa a). A la vez, el constante acompañamiento a las comunidades por programas y agencias de apoyo (con propósitos de co-generación de conocimiento) indica que estas acciones están en constante evolución: necesitan adaptarse a la realidad actual, al mercado,

a la expectativa y a la capacidad de las comunidades (Armitage et al. 2011, De Bièvre et al. 2012).

Comunidades en diferentes ecosistemas de América del Sur tienen un considerable volumen de conocimiento tradicional para observar y adaptarse al cambio climático. Sin embargo, la capacidad de adaptación, y por esto la resiliencia de las comunidades, es diferente dependiendo de los recursos disponibles: en general, entre más grande y diverso el territorio, mayor resiliencia (Hofstede. en prensa a). En el caso del páramo de Chimborazo (Segovia. 2013), la relativamente alta resiliencia fue determinada por otro factor: la cercanía y buena accesibilidad de un polo de desarrollo que permite a la población de páramo acceder a ingresos no agrícolas y no dependientes del cambio climático. Esto coincide con el estudio de Betancourt (2012) sobre el potencial impacto del cambio climático en la economía agrícola familiar, que demostró que familias de pequeños productores dependientes económicamente de la actividad agropecuaria como único ingreso, son las más vulnerables al cambio climático mientras que familias con ingresos externos tienen mayor resiliencia (Betancourt. 2012, Postigo et al. 2012). Esta es una de las razones por las que, en varios casos, la respuesta de la población a las condiciones más difíciles para la agricultura ha sido la mayor dependencia

en actividades no agrícolas fuera de la finca, lo que implica una migración hacia centros urbanos (Postigo et al. 2008, Segovia. 2013).

Es preocupante que mientras los impactos del cambio climático son graduales, los procesos de urbanización y cambios de uso de suelo son más acelerados, generando dinámicas agresivas de ocupación y uso del suelo (Betancourt. 2012). La migración hacia las ciudades para complementar el ingreso familiar, si bien no solamente es una consecuencia del cambio climático, también trae efectos adicionales a nivel social: en las comunidades, las tareas agrícolas quedan en manos de mujeres y personas de la tercera edad lo que afecta a las relaciones de género y a la configuración de la organización social (Segovia. 2013).

Para Ecuador, Jiménez (2011) ejecutó un análisis del índice cantonal de vulnerabilidad al cambio climático, que combina las variables sociales y ambientales y logra identificar diez cantones como los más vulnerables, entre los cuales hay cinco con importantes superficies de páramo (Guamote, Colta, Pujilí, Sigchos y Guaranda). Este análisis muestra un impacto económico negativo del cambio climático en el sector agrícola de subsistencia, incluyendo los cultivos de maíz y papa, cultivos importantes para la población de la alta montaña.



@Eugenia Martínez, Ecuador

7 Instituciones, actores y sus actividades de investigación sobre los páramos.

En cada uno de los cuatro países andinos con páramo (Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú), existe una avanzada actividad de investigación sobre la relación entre el cambio climático y los ecosistemas del páramo. Sin embargo, el volumen de investigación y los temas que se estudian en las instituciones nacionales se relacionan con la superficie total de páramos en cada país. En Ecuador y Colombia hay una mayor variedad de instituciones e investigadores interesados en el páramo en comparación a Perú, Venezuela y Costa Rica. Entre los diferentes países hay una marcada diferenciación del tipo de institución que investiga los páramos. Mientras en Colombia y Venezuela la mayoría de investigación la hacen centros (semi) gubernamentales y universidades, en Perú y Ecuador hay una mayor participación de ONGs en los procesos de investigación. Históricamente, en Colombia y Venezuela se producía más investigación académica relacionada con los páramos desde las disciplinas exactas, mientras que en Perú y Ecuador existía mayor énfasis en disciplinas sociales, pero esta diferencia se ha mitigado en las últimas décadas porque es notable el avance de investigaciones de carácter socioeconómico en los páramos del norte y las investigaciones en ciencias exactas en el sur.

7.1. Colombia

En Colombia hay dos instituciones oficiales de investigación relacionadas con el tema de páramo y cambio climático: el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). El IDEAM es la institución encargada de la investigación científica sobre el cambio climático y el IAvH sobre biodiversidad. El último está ejecutando, entre otros, un proceso detallado de delimitación de páramos y fue la institución que implementó en Colombia el Proyecto Páramo Andino.

Agencias de gobierno como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Departamento Nacional de Planeación, la Unidad de Parques Nacionales y las Corporaciones Regionales en sí, no hacen investigación científica, pero contratan investigación aplicada, manejan información, realizan cartografía y colaboran con instituciones de investigación como las mencionadas anteriormente (CORPOICA, CIAT, IGAC, etc.).

Existe una serie de universidades con programas de investigación sobre los páramos colombianos. Universidades con sede en Bogotá (Universidad

Nacional, Universidad Javeriana y Universidad de los Andes) tienen una larga historia de investigación biológica y ecológica en páramos y siguen activas con varios programas relacionados con paleoecología, diversidad, evolución, ecología de paisaje y restauración. Estas universidades han tenido una fuerte colaboración con universidades europeas con énfasis en investigación de páramos, especialmente la Universidad de Amsterdam. Otras universidades, tanto en la capital (Universidad de Bogotá Tadeo Lozano, Universidad Central) como en otros departamentos (Universidad de Cauca, Universidad de Antioquia, Universidad del Valle, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Universidad Nacional sede Medellín, Universidad de Nariño, Universidad de Caldas), se han sumado a los esfuerzos de investigación y se ha ampliado la envergadura de disciplinas, que ahora incluye antropología, limnología, geología, hidrología y agronomía. Además, gracias al involucramiento de universidades de diferentes partes del país, la mayoría de los complejos de páramos se están cubriendo mediante investigación (con excepción de los páramos de la Sierra Nevada y la Cordillera Occidental donde hay menor volumen de investigación).

Algunas ONGs, tanto internacionales (CI, TNC, WWF) como nacionales (Fundación Natura, Fundación Humedales, Fundación

Ecosistemas Andinos -ECOAN-) generan conocimiento sobre páramos y cambio climático. ECOAN, concentrada en los páramos de Boyacá, ha sido un promotor del manejo participativo y redes institucionales sobre páramos. Conservation International ha sido un importante gestor del Primer Congreso Mundial de Páramos (Paipa 2002) y participa con IDEAM en proyectos de adaptación al cambio climático. WWF y TNC han trabajado a nivel andino sobre manejo de cuencas, corredores biológicos y manejo de áreas protegidas en páramo.

7.2. Ecuador

En la academia ecuatoriana la investigación en páramos tiene mayor trayectoria en la Universidad Católica, en el campo de los estudios biológicos, gracias a la colaboración con universidades europeas y norteamericanas, especialmente la Universidad de Aarhus (Dinamarca) y el Missouri Botanical Garden. De la misma manera, la Universidad Nacional de Loja ha hecho importantes contribuciones al conocimiento ecológico de los páramos del extremo sur del país, inicialmente apoyada por las mismas universidades del exterior, y desde hace más de una década, por la importante presencia de un programa de investigaciones ecológicas de universidades alemanas. La Universidad de Cuenca, en colaboración con universidades belgas (especialmente

la Universidad Católica de Leuven), desarrolló un programa de manejo de agua y suelos que se convirtió en el mayor punto de referencia en investigación hidrológico en páramos. La incorporación de algunos profesores con interés académico en ecología de páramos en la Universidad San Francisco de Quito y en la Universidad Tecnológica Indoamérica, implicó un desarrollo de investigaciones de páramos y cambio climático en estos centros de investigación. La Escuela Politécnica Nacional (EPN) es la autoridad nacional en el tema de investigación de glaciares, entre otros, gracias a colaboración con el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD por sus siglas en francés). Esta línea de investigación incluye progresivamente el tema de hidrología del páramo. La Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) ha desarrollado estudios puntuales del páramo desde disciplinas sociales, culturales, económicas y políticas.

En Ecuador, muchas investigaciones importantes en páramo fueron hechas por ONGs, tanto nacionales como internacionales. EcoCiencia, Ecopar, Camaren, Fundación Cordillera Tropical, Grupo Randi Randi y otras, han desarrollado una serie de proyectos de conservación y manejo de páramos con importantes componentes de investigación. Estos proyectos, diseñados en colaboración con agencias bilaterales y multilaterales como USAID, GIZ, GEF, Embajada de Países

Bajos, PNUMA, PNUD, que han involucrado además centros de investigación de Europa y Norteamérica como Natureserve, Universidad de Ámsterdam, Universidad de Wageningen, Universidad de Wisconsin, Universidad de Leuven, entre otros, han logrado que en Ecuador se haya generado mucho conocimiento aplicado a la biodiversidad, conservación y manejo participativo de los páramos en el contexto de cambio climático.

También la participación y colaboración de las ONGs con organizaciones internacionales, particularmente Condesan, IUCN, TNC y Conservation International, ha dado un impulso importante para la investigación. Muchas de estas organizaciones han colaborado en el proyecto para la conservación de los páramos del Ecuador (Proyecto Páramo) y luego, en el proyecto regional Proyecto Páramo Andino. El Grupo de Trabajo en los Páramos del Ecuador (GTP) es una plataforma de intercambio de experiencias y publicación de conocimiento (Serie Páramo), no solamente de ONGs activas en investigación, sino también de una serie de ONGs que trabaja en manejo y conservación de páramos.

A nivel gubernamental, existe el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) encargado del manejo de información sobre cambio climático y monitoreo de glaciares. Trabaja en fuerte

colaboración con la EPN y el IRD en temas de hidrología de alta montaña. El Ministerio de Ambiente del Ecuador es la autoridad ambiental que maneja la información sobre vegetación de páramos y extensión e indicadores de manejo, información generada por universidades y ONGs. Implementa el Proyecto Regional Andino de Adaptación al Cambio Climático (PRAA), que impulsa investigación en impacto y adaptación al cambio climático, en conjunto con INAMHI, Condesan y Ecopar. El Fondo de Agua de Quito (FONAG) financia investigación y maneja información sobre la hidrología en la cuenca del río Guayllabamba. Con TNC, el INAMHI trabaja en proyectos para impulsar fondos de agua en otras cuencas del país, todas ellas incluyen zonas de páramo. Varios gobiernos descentralizados promuevan investigación en páramos, especialmente el Gobierno Provincial de Chimborazo (con GEF-Banco Mundial sobre manejo de páramos), el Gobierno Provincial de Tungurahua (con GIZ sobre agua y adaptación al Cambio Climático) y la Ciudad de Cuenca (ETAPA).

Dado que hay actores en investigación en todas las regiones andinas del Ecuador, la investigación es relativamente bien distribuida sobre todos los páramos en el país.

7.3. Perú

En Perú hay una limitada extensión de páramos, por lo tanto el número de instituciones que investigan el tema de páramos y cambio climático en ese país es bajo. En realidad, existen solamente unas cuatro organizaciones no gubernamentales que investigan directamente el páramo en la región de Piura (Instituto de Montaña -IM-, Naturaleza y Cultura Internacional -NCI-, Progreso y Central Peruana de Servicios -CEPESER-). NCI investiga principalmente los aspectos biológicos y el IM los aspectos sociales y culturales. CEPESER y Progreso se enfocan en el tema de cuencas. IM es la organización que implementó el Proyecto Páramo Andino en Perú. NCI implementa el proyecto PRAA (GEF, Comunidad Andina) en Piura. Estas organizaciones han puesto el tema de páramos en la agenda nacional.

En cuanto al ámbito académico, la Universidad del Piura (respecto al impacto de ENSO) y la Universidad Nacional Agraria La Molina -UNALM- (en referencia a aspectos agrícolas y forestales) son las dos únicas universidades a nivel nacional que tienen alguna actividad investigativa en los páramos de Piura. Todas estas actividades investigativas nacionales son relativamente recientes; antes de los proyectos de conservación solamente habían algunos estudios específicos de instituciones internacionales (Universidad de Texas, WWF) en los páramos de Perú.

La investigación sobre el cambio climático en la alta montaña de Perú, contrariamente, sí es muy diversa y avanzada, pero se ha concentrado en áreas de alta montaña dejando de lado el tema páramos, dado que Perú tiene el 70% de los glaciares tropicales del planeta. Por esto, si bien en cuanto al páramo hay poca investigación, la zona de la jalca en la Cordillera Blanca ha sido muy estudiada. Instituciones de todo el mundo, especialmente de Estados Unidos y Suiza, han estudiado el retroceso de los glaciares y el impacto sobre la hidrología en la zona norte del país. Entre las instituciones públicas de Perú que llevan a cabo este tipo de investigación están el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), instituto nacional encargado del tema de cambio climático, y varias universidades nacionales como la Universidad Nacional de Cajamarca, la UNALM, la PUCP y la Universidad Nacional de San Marcos. Mucho de este conocimiento es relevante para el impacto del cambio climático en los páramos en toda la cordillera andina, respetando las diferencias de jalca y páramo.

Varias ONGs han adelantado investigaciones importantes sobre otros biomas y cambio climático en el Perú. Entre otras, ITDG-Soluciones Prácticas, SPDA, Pronaturaleza, FONAM, y algunas más, han implementado proyectos de generación de conocimiento sobre impacto y adaptación al cambio climático

en zonas de montaña, parte del cual es aplicable a páramos.

7.4. Venezuela

En Venezuela hay una larga trayectoria de investigación referida al páramo que se concentra en una sola institución: el Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas de la Universidad de los Andes (ICAE, Mérida). Desde hace varias décadas, esta institución ha desarrollado investigación sobre el páramo, desde su diversidad y funcionamiento, pasando por su uso y manejo agrícola, hasta el impacto del cambio climático y la política de conservación que el país aplica al respecto. La Universidad de los Andes es probablemente la institución con mayor producción científica en páramos en todo el mundo, no solamente por su propia producción sino también por su larga historia de colaboración con Universidades de todo el mundo. Aparte de ser el núcleo de investigación y manejo de conocimiento, también ha sido la institución focal para iniciativas internacionales de investigación y manejo de páramos, como el Proyecto Páramo Andino, LEAF y GLORIA. La ubicación del ICAE en el centro de la distribución de los páramos en Venezuela, hace que casi todos los páramos estén bien investigados, aunque con mayor concentración en la Sierra Nevada y la Serranía de la Culata y menos en Táchira y Zulia (Perijá).

El Instituto Venezolano de Investigación Científica (IVIC) es la agencia nacional de investigación y manejo de información biológica y etno-biológica. Ha ejecutado algunas investigaciones en páramo, especialmente sobre la diversidad y antropología. Hace varios años había una presencia importante de ONGs, tanto nacionales como internacionales, con actividad en los páramos en Venezuela, que hicieron investigación importante sobre varios temas, por ejemplo diversidad y manejo de fauna, turismo comunitario y agricultura sustentable. Actualmente, la actividad de la mayoría de estas organizaciones es reducida.

7.5. Costa Rica/Panamá

A pesar de mantener las menores extensiones de páramo entre todos los países, se ha investigado mucho acerca de los páramos de Costa Rica. Gran parte de este conocimiento fue generado por investigadores individuales de universidades nacionales y, especialmente, extranjeras. Tres personas (Sally Horn de la Universidad de Tennessee, Maarten Kappelle de la Universidad de Amsterdam/INBio/TNC y Adelaida Chaverri de la Universidad Nacional de Costa Rica) son los responsables del impulso que ha tenido la investigación de los páramos en Costa Rica. No solamente ejecutaron

sus propios estudios, también atrajeron otras instituciones e investigadores de Estados Unidos, Holanda, Alemania y México a Costa Rica.

Ya que los páramos de Costa Rica están en su totalidad incluidos en áreas protegidas y con muy poca presencia humana, las investigaciones se han concentrado en historia natural, funcionamiento y diversidad, de modo que no se encuentra investigación sobre aspectos socioeconómicos. Por el lamentable fallecimiento de la Dra. Chaverri y el cambio de carrera del Dr. Kappelle, actualmente se conduce escasa investigación al respecto de los páramos de Costa Rica, más allá del trabajo general en biodiversidad a cargo del Instituto Nacional para la Biodiversidad (INBio) y algunos programas específicos relacionados a las áreas protegidas (TNC, Quetzal Centre).

La reducida extensión de páramo en Panamá (aprox. 2000 hectáreas) es de muy difícil acceso en el extremo occidente del país y está completamente incluida en un parque nacional (Parque Internacional La Amistad). Solamente existe una publicación descriptiva sobre su diversidad (Samudio & Pino, 2006), la cual ha sido incluida en inventarios del parque y del corredor de América Central (TNC).

7.6. Regional (andino-suramericano)

El Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN) se ha posicionado como referente para la generación de investigación y programas de manejo de páramos a nivel regional andino. CONDESAN nació como un programa ecorregional entre diferentes centros de investigación agrícola en la red CGIAR (CIP y CIAT), como un consorcio de instituciones de investigación, ONGs y agencias gubernamentales a nivel andino, comprometido con el desarrollo rural. Desarrolló el Proyecto Páramo Andino con EcoCiencia, el IAvH, el Instituto de Montaña, ICAE, la Universidad de Amsterdam y la Universidad de Wisconsin, con financiamiento de GEF vía PNUMA. Gracias a este proyecto, CONDESAN creció como institución facilitadora de comunicación entre iniciativas en páramos. CONDESAN también es punto focal en los andes del Foro de Montañas (red global de comunicación y manejo de conocimiento), la Alianza de Montañas (alianza global para el manejo sustentable en áreas de montaña) y la Iniciativa de Investigación en Montañas (Mountain Research Initiative). Desde 2010, CONDESAN es una organización regional independiente, con sede en Lima y una subsele en Quito.

Actualmente, CONDESAN implementa varios proyectos con relevancia para los páramos y el cambio climático. Es el nodo regional para el programa GLORIA sobre el monitoreo de cambio climático en biodiversidad en

ecosistemas de alta montaña (con sitios en todos los países con páramo en los Andes). Promueve la Iniciativa Regional de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos (iMHEA) sobre monitoreo hidrológico en cuencas andinas. Coordina el sistema de cuencas andinas en el Challenge Programme for Water and Food, que genera conocimiento sobre manejo de cuencas (incluyendo cuencas con páramo) a nivel andino, con énfasis en distribución de beneficios. CONDESAN implementa algunos proyectos locales en el contexto del proyecto PRAA en los páramos de Piura y Quito. Dentro de su programa "Panorama Andino", ejecutó un proceso específico sobre cambio climático en los Andes, recopilando un estado del arte sobre las evidencias del cambio climático en toda la región (Cuesta et al. 2012). Finalmente, después de finalizar el Proyecto Páramo Andino está desarrollando un nuevo proyecto ante GEF sobre los múltiples beneficios sociales y ambientales de los páramos.

La Secretaría General de la Comunidad Andina es la oficina ejecutiva del sistema de integración subregional entre Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, con sede en Lima. Dentro de la agenda ambiental, la CAN ha impulsado la cooperación con varias agencias regionales de generación de conocimiento y gestión ambiental (particularmente CONDESAN) para promover sus objetivos ambientales. Biodiversidad, agua y cambio climático son los tres ejes de la agenda ambiental y el páramo; éste

último es considerado un ecosistema andino por excelencia, por lo que recibe atención específica de la CAN.

Aparte de la colaboración directa en iniciativas regionales (Proyecto Páramo Andino, GLORIA), la CAN implementa el proyecto GEF -vía Banco Mundial- denominado "Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales", con los ministerios de Ambiente de Ecuador, Perú y Bolivia y varias organizaciones de la sociedad civil.

El Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) son dos centros del Grupo Consultivo de Investigación para la Agricultura Internacional (CGIAR, según sus siglas en inglés) presentes en la región. CIP es el referente en investigación agrícola internacional y manejo de agro-ecosistemas de alta montaña. Su proyecto ISSAndes (antes Papa Andina) es el más relevante relacionado directamente al manejo integral del paisaje alto andino. CIAT se concentra más en agroecosistemas de menor altitud pero, a través de su participación en el Challenge Programme for Water and Food, incluye investigación hidrológica en páramos.

El Interamerican Institute for Climate Change Research (IIA) es una red de varias instituciones de investigación meteorológica e hidrológica a nivel de las Américas. El IIA ejecutó el proyecto "Impacto de cambio climático en la biodiversidad de los Andes" que resultó en una publicación colaborativa con numerosas

autoridades en el tema (Herzog et al., 2011).

La oficina para América del Sur de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) ha ejecutado algunos programas, en conjunto con sus organizaciones miembros en los países andinos, enfocados al tema del páramo en relación con el cambio climático. Los páramos fueron incluidos en el estudio regional "El clima cambia, cambia tú también" sobre adaptación y conocimiento tradicional. Actualmente desarrolla el proyecto "Comunidades de los páramos" en cuyo marco se ejecuta el presente estudio.

7.7. Resto del mundo (Europa - Norte América)

Tradicionalmente, las universidades de países norteamericanos y europeos han generado una importante cantidad de investigación. Hasta la segunda mitad del siglo XX, prácticamente toda las publicaciones científicas sobre páramos fueron elaboradas por biólogos, geógrafos y geólogos europeos.

Al principio, fueron autores de origen alemán (Troll, Jahn, Ellenberg) quienes describieron geográficamente los Andes. Más tarde, José Cuatrecasas (inicialmente del Jardín Botánico de Madrid, luego Chicago Natural History Museum y Smithsonian Institute) y Tomás van der Hammen (Universidad de Amsterdam) desarrollaron una escuela de investigación sobre la diversidad y la historia natural del

páramo. Los dos pasaron largos periodos de su vida en Colombia y establecieron así fuerte colaboración con académicos nacionales, especialmente con la Universidad Nacional. Durante los años 80 y 90 del siglo XX, la Universidad de Amsterdam tenía un extenso programa de investigación en páramos que inicialmente se concentraba en palinología y paleoecología, y que posteriormente incluyó otras disciplinas biológicas y geográficas, tales como el mapeo de vegetación, caracterización y funcionamiento del ecosistema, impacto de actividades humanas, hidrología y ciencias de suelo. Aunque la Universidad de Amsterdam se concentró en los páramos colombianos, amplió sus actividades a Costa Rica, Ecuador y Perú. En los últimos años existen menos investigadores y estudiantes en su escuela de Ecología Tropical y su investigación en páramos ha mermado. Las últimas iniciativas considerables fueron su participación en el Proyecto Páramo Andino y la ejecución del programa Reconstrucción del Límite Superior del Bosque en Ecuador (RUFLE).

Un grupo de universidades de Alemania (Marburg, Erlangen, Munich, Tübingen y otras) lleva a cabo, desde hace más de una década, un programa de investigación ecológica y geográfica en ecosistemas de montaña en el sur del Ecuador (platform for biodiversity and ecosystem monitoring and research in South Ecuador) con financiamiento de la Fundación Alemana para la Ciencia, en colaboración con dos universidades locales (Universidad Nacional de Loja y la

Universidad Tecnológica Particular de Loja) y Naturaleza y Cultura Internacional. Este grupo de entidades desarrolla una serie de múltiples investigaciones sobre diversidad y funcionamiento de bosques andinos y páramos, meteorología y paleoecología que resultan de fundamental importancia. Fruto de este programa, han integrado recientemente esta información en un libro científico sobre cambio climático y ecosistemas de montaña en el sur del Ecuador (Bendix et al. 2013).

Varias universidades originarias de Bélgica, bajo la coordinación de la Universidad Católica de Leuven, mantienen un apoyo a largo plazo con la Universidad de Cuenca. Gracias a este apoyo, se desarrolló el Programa Manejo de Agua y Suelo y se implementaron una serie de investigaciones hidrológicas en páramo que se han convertido en un referente regional. Uno de los principales alumnos de este programa, Wouter Buytaert, actualmente es profesor en el Imperial College de Londres pero sigue con las investigaciones hidrológicas y de escenarios de cambio climático en los Andes.

Varias universidades de Suiza, coordinadas por la Universidad de Zurich, Estados Unidos (Davis, Santa Cruz, Ohio) y la IRD (Francia) hacen investigación relacionada al cambio climático, glaciares e hidrología, especialmente en Perú, y han abarcado también a Ecuador y Colombia. El Stockholm Environmental Institute mantiene varios programas de investigación sobre el cambio climático en cuencas de páramo en Colombia

y Perú, en colaboración con organizaciones nacionales.

ONGs internacionales han incluido el páramo en varios de sus programas de alcance internacional. Tanto WWF (antes) como TNC (actualmente) enfocaron sus actividades en la Cordillera Real Oriental, implementando estudios importantes sobre diversidad, caracterización de ecosistemas y modelos de conservación. Natureserve, una ONG de investigación científica, colaboró con ellos y con varias organizaciones nacionales y regionales en mapeo y caracterización, y actualmente avanza hacia la formulación de una propuesta para incluir la Cordillera Andina en el Critical Ecosystem Partnership Fund. TNC se ha enfocado en programas de áreas protegidas y manejo de agua, incluyendo zonas de páramo en Ecuador y Colombia. Conservation International es un actor importante en la gestión de páramos y en el estudio y mitigación del cambio climático en Colombia.

Varios académicos individuales que trabajan en varias universidades en Europa y Estados Unidos, manejan su programa personal de investigación en páramos. Muchos de ellos son biólogos y geógrafos (Kenneth Young, Blanca León, Peter Jorgensen, Carmen Ulloa, Petr Sklenar, Paul Ramsay, Mike Mulligan, Sally Horn, Fausto Sarmiento); estos investigadores ejecutan estudios específicos, financiados por becas de investigación de sus respectivas universidades y, en

ocasiones, alguna fundación nacional de ciencias, según el país del que se trate. Varios de estos académicos han estado activos durante décadas; su producción científica es considerable porque, entre otros motivos, incluyen sucesivas generaciones de estudiantes. El conocimiento publicado por estos "paramólogos" es una contribución constante para la base biológica y geográfica del páramo (ej. Blanca León, Peter Jorgensen, Carmen Ulloa, Petr Sklenar, Sally Horn) y para el desarrollo de teorías sobre el impacto del cambio climático y el manejo del páramo (ej. Kenneth Young, Paul Ramsay, Mike Mulligan).

Relativamente pocos académicos e instituciones internacionales han hecho investigación social en los páramos. Entre las excepciones se encuentran Robert Rhoades (fallecido hace unos pocos años) y Fausto Sarmiento, ambos de la Universidad de Georgia. El primero, con el programa SANREM (Sustainable Agriculture and Natural Resource Management.), enfocado en agrobiodiversidad, seguridad alimentaria y la dinámica social de comunidades de páramo en el Ecuador, incluyendo el impacto y las percepciones del cambio climático. El segundo, concentrado en la historia cultural del paisaje andino. La Universidad de Wageningen, especialmente del grupo de manejo de recursos hídricos, incluyó la visión social y la gobernanza de agua en comunidades andinas de Colombia, Ecuador y Perú.



@Carlos Palacios, Perú

8 Análisis de los temas, avances y vacíos en la investigación sobre los páramos.

Considerando la sistematización del conocimiento sobre páramos y su relación con el cambio climático, el inventario de publicaciones sobre estos temas y los análisis realizados por instituciones, proyectos de investigación y académicos que trabajan actualmente en áreas de páramo, podemos concluir que definitivamente se ha avanzado mucho en el conocimiento del páramo. Sin embargo, hay un avance muy dispar en diferentes temas.

En términos generales, disponemos de amplio conocimiento -y se sigue investigando- en los temas de diversidad y funcionamiento de este ecosistema. Si bien hay una importante brecha de conocimiento sobre las características del cambio climático, especialmente en la precipitación, muchas investigaciones que buscan resolver este tema están en ejecución. El impacto humano en el páramo y los modelos de manejo para reducir este impacto han sido sujeto de investigación en numerosos estudios pero poco se sabe sobre su interrelación con el cambio climático. Sólo recientemente se están empezando a realizar estudios en esta dirección. Finalmente, aunque se ha hecho mucho trabajo desde programas y proyectos de manejo de páramos, hay una enorme falta de conocimiento académico sobre los aspectos sociales, económicos y culturales. Estudios que describen de forma sistemática, objetiva

y cuantitativa temas como tenencia de tierra, diferenciación cultural y economía campesina del páramo, son tan escasos que es imposible avanzar en el análisis del impacto integrado del cambio climático y otros cambios sobre el funcionamiento del socio-ecosistema.

8.1. Características del cambio climático

El cambio climático en el páramo es evidente y se encuentra bien documentado. Sin embargo, hay mucha variación local y es difícil describir con certeza el modo en que el cambio climático se manifiesta en un lugar específico del páramo. Las investigaciones han demostrado claramente el aumento de temperatura, pero no tendencias claras sobre la precipitación. Las principales razones de esta incertidumbre consisten en la enorme diversidad geográfica de los Andes, la dificultad para aplicar modelos climáticos a paisajes de montaña y la falta de estaciones meteorológicas que registren series largas de datos. Existen al mismo tiempo profundo interés y gran actividad para llenar estos vacíos en el conocimiento, así como un avance importante en el desarrollo de nuevas investigaciones, a través de la instalación de estaciones meteorológicas y de la creación de redes de colaboración interinstitucional. Sin embargo, sin una información más confiable sobre los volúmenes y la distribución de la precipitación, cualquier

análisis del impacto del cambio climático sobre el páramo será especulativo.

8.2. Origen, distribución y delimitación de los páramos

Por el interés que revisten su geología y su biogeografía, ha habido una importante concentración de estudios sobre la historia geológica y natural en los páramos. El nivel de conocimiento sobre la orogénesis y el desarrollo de la vegetación, es extenso; los numerosos estudios palinológicos y biogeográficos existentes, han acumulado un buen nivel de conocimiento de la evolución del páramo y la dinámica de la vegetación en diferentes épocas geológicas. Este conocimiento resulta muy útil para analizar el modo en que los ecosistemas andinos, incluyendo el páramo, pueden reaccionar en escenarios de cambio climático.

Un tema específico que relaciona el páramo con el cambio climático pasado y actual, se encuentra en la composición, dinámica y posición del límite bosque-páramo. Estudios paleoecológicos han aclarado mucho este tema en general, pero la interacción con la actividad humana (procesos como “paramización”) y el incremento acelerado de la temperatura debido al cambio climático, requieren un análisis en mayor escala espacial y temporal. Hasta hace poco, el límite actual entre el bosque y el páramo era desconocido;

gracias a varios proyectos de investigación que se han ejecutado recientemente el conocimiento de este tema, se ha profundizado significativamente.

El límite entre el bosque y el páramo actual determina, en teoría, la ubicación de los páramos, pero este límite no es natural; además, hay diferentes formas (académicas, culturales, sociales) de interpretarlo y, por si fuera poco, puede cambiar bajo escenarios de cambio climático, lo cual hace que la tarea de delimitar los páramos no sea tan fácil como se pensaba anteriormente. Especialmente en Colombia, después de una demanda directa por la política de conservación, se ejecuta un programa de delimitación que resulta en un detallado mapeo a escala de los páramos. También en Ecuador, se ha avanzado en el mapeo de diferentes tipos de páramos; no así en los demás países (aunque sí existe un esfuerzo de mapeo de ecosistemas andinos a nivel de la región andina, valga la redundancia).

8.3. Biodiversidad del páramo y su relación con el cambio climático

Gracias a varios siglos de investigación botánica, el páramo es uno de los ecosistemas tropicales más estudiados y mejor descritos. Aunque siempre hacen falta más estudios, específicamente sobre la diversidad genética, biogeografía y plasticidad de especies, la diversidad

florística ha sido el tema más estudiado y sigue siendo un asunto que recibe mucha atención académica. No solamente se ha estudiado la diversidad de especies sino también los tipos de vegetación y la relación de ésta con el ambiente abiótico.

Lo que es válido para la flora, no lo es para la fauna. Hay poco conocimiento sobre la diversidad y el manejo de la fauna de los páramos. Los únicos estudios disponibles versan sobre algunos animales emblemáticos (tapir, oso andino, cóndor) o inventarios de avifauna. Salvo escasos estudios específicos, actualmente hay pocos programas en ejecución que exploren esta temática.

A pesar de un buen nivel de conocimiento sobre la biodiversidad del páramo, hay poca evidencia del impacto del cambio climático sobre ella. Han existido esfuerzos académicos, principalmente a nivel de modelos y escenarios, tanto a nivel local (páramos individuales) como a nivel regional andino. Aunque estos estudios logran hacer predicciones sobre la ubicación de los cinturones altitudinales, la distribución de especies específicas y la presencia de humedales, principalmente, poco se ha demostrado empíricamente. Este vacío ha sido reconocido, razón por la cual se ha iniciado el programa GLORIA en los Andes, para monitorear en detalle la vegetación de páramo, así como otros estudios de monitoreo de vegetación, por

ejemplo el que ejecuta la Plataforma de Monitoreo e Investigación de Ecosistemas en el sur del Ecuador.

8.4. Funcionamiento del páramo y su relación con el cambio climático

Hacia el final del siglo pasado, una vez ampliamente reconocido que el páramo es un importante proveedor de servicios ecosistémicos, los estudios sobre el funcionamiento del páramo se multiplicaron. Se ha generado gran cantidad de conocimiento sobre la ecofisiología, especialmente en Venezuela; la geografía y geomorfología, en particular en Colombia; y suelos, dinámica de la materia orgánica e hidrología, en Ecuador. Existe un buen nivel de conocimiento de estas dinámicas y, gracias a la construcción de redes de colaboración a nivel andino y una serie de congresos y reuniones científicas, también hay un buen nivel de difusión. Sin embargo, muchos estudios son bastante localizados. Justamente, una de las cosas que han demostrado los estudios de funcionamiento es que hay una diferencia enorme en los procesos ecológicos entre diferentes páramos; esta es la razón por la cual el gran volumen de estudios sobre la hidrología en el Azuay o la dinámica de la vegetación en Colombia, por ejemplo, son poco extrapolables a otros páramos. Por esto, hay una falta importante de réplica y validación de estudios acerca del funcionamiento del páramo.

Por la falta de conocimiento real de las características del cambio climático, especialmente en cuanto a precipitación, existe muy poco conocimiento sobre el actual o potencial impacto del cambio climático en el funcionamiento del páramo. Se han publicado muchos estudios teóricos que relacionan escenarios climáticos con modelos de funcionamiento de ecosistemas para, con base en esto, estimar lo que podría pasar con la hidrología de una cuenca o la cantidad de materia orgánica en el suelo. Sin embargo, hay pocas evidencias empíricas en relación al tema, e inclusive los resultados al cabo de la aplicación de los modelos se contradicen. Hay un importante esfuerzo por compensar este conocimiento, de un lado, mediante mejoramiento de las aproximaciones teóricas y del otro lado, mediante propuestas de monitoreo, particularmente de la hidrología. Sin embargo, los esfuerzos actualmente planeados cubrirían apenas parte de la demanda de la información para poder manejar técnicamente los páramos bajo escenarios de cambio climático.

Un tema sobre el cual sí existe evidencia empírica es el retroceso glaciar. Hay una extensa red de centros de investigación y académicos a nivel internacional que monitorean los glaciares andinos (GREAT-ICE). También existen varios programas específicamente dedicados al monitoreo de los glaciares bajo efectos del cambio

climático. Un vacío en el conocimiento en este campo es la relación entre el glaciar y el páramo a nivel hidrológico, un tema que recién se ha empezado a estudiar.

8.5. Impacto humano y manejo de páramo

A la par, con un mayor conocimiento sobre el funcionamiento ecológico del páramo, aumentó la cantidad de estudios sobre el impacto de las actividades humanas sobre el ecosistema. Veinte años después de que se iniciaran programas sobre el impacto de la ganadería y la quema en los páramos colombianos, de la agricultura en Venezuela y de la forestación en Ecuador, podemos concluir que conocemos con bastante detalle cómo estas actividades afectan a la biodiversidad, el suelo y la hidrología del páramo.

Este conocimiento fue un insumo clave para el diseño e implementación de programas de manejo de páramos porque el reconocimiento de las actividades que se deben evitar (ganadería intensiva, quemadas, agricultura con barbechos cortos, forestación industrial) ahora se puede argumentar con datos y ejemplos, lo mismo que otras prácticas que sí serían aplicables en ciertas áreas del páramo (ganadería extensiva con rotaciones, cría de camélidos, agroforestería con especies nativas, agricultura con barbecho largo). Es significativo que este conocimiento ha

sido incluido en las políticas e incentivos de manejo de páramos.

En este momento, hay menos investigación sobre el impacto directo de las actividades humanas en el páramo, a pesar de que todavía se mantienen importantes vacíos de información. Primero: como el funcionamiento de cada páramo es diferente, el impacto de la actividad humana también lo es, lo que requiere estudios de réplica y validación de lo evidenciado en un cierto sitio. Segundo: han aparecido nuevas actividades humanas que afectan al páramo, en especial la minería, y se sabe muy poco de su impacto. Finalmente, la interrelación del impacto humano con el cambio climático requiere de estudios específicos que no están en ejecución -es más, ni tan siquiera están en fase de planificación-.

8.6. La socio-economía del páramo

A pesar de los importantes avances en la última década, la investigación acerca de la dimensión humana del páramo sigue siendo insuficiente. La creciente atención sobre las condiciones sociales y económicas de la población asociada al páramo y la conciencia de que el manejo del páramo implica gestión participativa de un paisaje con muchos aspectos culturales, no se ha traducido en un fuerte crecimiento de la investigación académica sobre el tema. Sí, hay un notable aumento, pero de

ninguna manera en la misma dimensión que en otros temas emergentes como, por ejemplo, el monitoreo de glaciares frente al cambio climático o el impacto humano en la hidrología de cuencas de páramo.

Según el cambio de carácter en los proyectos de conservación de páramos en este siglo, el aumento de interés en la dimensión social del páramo se ha traducido en programas de gestión participativa y nuevos enfoques de gobernanza. Pero estos programas requieren de datos sociales y económicos concretos en relación con la economía rural, la valoración (económica y social) de los servicios ecosistémicos, la tenencia de la tierra y la demografía, por ejemplo. Con excepción de algunos estudios de caso, no hay investigación socioeconómica cuantitativa en el páramo y se carece de datos básicos como el número de personas viviendo en o dependiendo directamente del páramo, el costo de oportunidad de un terreno de páramo o la distribución de tierras entre diferentes grupos sociales, entre los indispensables. Los estudios sociales que se han implementado recientemente son importantes para entender el funcionamiento del socio-ecosistema, pero son descriptivos y no son suficientes para poder orientar políticas de gestión de páramo.

De la misma manera, es imposible cuantificar el impacto del cambio

climático en la sociedad. Esta carencia de conocimiento adecuado del impacto del cambio climático sobre las actividades humanas y los servicios ecosistémicos del páramo en las diferentes localidades, en combinación con la ausencia de información cuantitativa de carácter social y económico, hace que no exista un conocimiento científicamente comprobado de la relación entre el cambio climático y el socio-ecosistema. El proyecto “Comunidades de los Páramos” reconoce este vacío y tratará de suplirlo, en parte; pero el tema es tan complejo que se requiere de un desarrollo académico mucho más amplio e integral.

8.7. Cultura, gobernanza y política

La cultura de la gente del páramo ha sido investigada desde hace varias décadas, aunque con menos intensidad que su biología y geografía. Se ha generado conocimiento sobre la historia de ocupación, desde estudios arqueológicos y antropológicos, en ciertas zonas de los Andes; este es el caso de la Sierra Nevada de Santa Marta, la cordillera de Mérida, la cordillera oriental colombiana, partes de Ecuador, y la jalca peruana.

Como parte de los proyectos de manejo participativo de los páramos, en los años 90 del siglo pasado y en la primera década del siglo actual, se desarrollaron varios estudios antropológicos sobre las culturas indígenas y su relación con el páramo,

caracterizaciones de género en el uso del páramo, y modelos de gobernanza de páramo, agua o territorios. Sin embargo, pocos de estos estudios terminaron en publicaciones científicas, con lo que se mantienen a nivel de “literatura gris”. Es importante sistematizar estas experiencias y conocimientos de forma más académica para que formen un insumo importante para la formulación y aplicación de una política de manejo de los páramos. Dado el hecho que existen ahora varias nuevas iniciativas de gestión integral de páramo, es una excelente oportunidad de promover esta sistematización formal.

El impacto del cambio climático sobre la cultura y la forma de gobernar el páramo es un tema complejo, que no tiene que ver solamente con los impactos potenciales y actuales sino también con la percepción por parte de los diferentes grupos de la sociedad y la capacidad de adaptación. El tema de percepción **y la** capacidad de adaptación no pueden entenderse únicamente con conocimiento científico ya que estos son fenómenos que se encuentran mezclados con el conocimiento tradicional. Recientemente han dado inicio algunos esfuerzos para contrastar el conocimiento académico y el conocimiento tradicional sobre el impacto del cambio climático en la alta montaña; es suficiente para concluir que es fundamental analizar estos dos mundos del conocimiento con objeto de entender la forma en que una sociedad que

depende de los recursos naturales -como la del páramo- percibe el cambio climático y puede desarrollar sus propias políticas de adaptación. Además, estas percepciones y capacidades de adaptación, dependen de las características personales y de los grupos sociales, por lo que se requiere una inclusión de la dimensión de género en los estudios culturales sobre el cambio climático.

Finalmente, ya que los países andinos han avanzado en programas y políticas de manejo y conservación de páramos, es tiempo de iniciar estudios académicos que

identifiquen la efectividad de los diferentes programas y modelos de gobernanza. Existen sistematizaciones y evaluaciones valiosas de programas y proyectos, pero generalmente son anecdóticas y se concentran en lecciones aprendidas. En el futuro, la gestión de este ecosistema clave requiere de estudios detallados de costo vs. beneficio, afectados vs. beneficiarios, y de efectividad de manejo de este ecosistema, para ayudar a la sociedad andina a tomar las decisiones más adecuadas para el bien del páramo y sus habitantes en escenarios de cambio climático.



@Eugenia Martínez, Ecuador

9 Discusión y conclusiones

9.1. Lo que sabemos y no sabemos del páramo

El volumen de conocimiento acerca del páramo ha aumentado gradualmente en las últimas décadas; más de la mitad de todos los estudios científicos son publicados después del año 2000. Ha aumentado especialmente el conocimiento referente tanto a los procesos ecológicos como al impacto de las actividades humanas sobre los aspectos bióticos y abióticos. Las disciplinas sociales y económicas, si bien todavía no han generado el mismo volumen de publicaciones que las ciencias naturales, también están produciendo conocimiento valioso (Llambí et al. 2013, Hofstede. en prensa a). El presente análisis del estado del conocimiento ha demostrado que, actualmente, hay un esfuerzo importante de estudios relacionados con la delimitación y el mapeo de páramos, las políticas para sostener la gestión y conservación, así como sobre el posible impacto del cambio climático en los páramos y sus posibilidades de adaptación. Sin embargo, sobre este último aspecto hay todavía muy pocas evidencias empíricas y el conocimiento hasta ahora se basa en escenarios y modelaje, en la extrapolación de evidencias de otras regiones del mundo y en la aplicación de supuestos lógicos y especulativos.

El presente análisis comprobó la singularidad del ecosistema: el páramo

tiene características climáticas, geográficas, hidrológicas y biológicas únicas, que no se repiten en otras partes del mundo. Ecosistemas similares en África y el Sureste de Asia tienen algunas características en común y una semejanza llamativa en cuanto a formaciones de vida. Sin embargo, la extensión mucho mayor de los páramos neotropicales, su ubicación en la cordillera más larga del planeta (los Andes) y la relación directa con centros de población de millones de habitantes, hace de los páramos un caso singular a nivel mundial (Hofstede. 2003, Buytaert et al. 2010).

Existe un buen nivel de conocimiento sobre la historia del páramo: se sabe cómo se formó en términos geológicos, geomorfológicos y los aspectos de su historia natural (evolución, biogeografía). Hoy en día, comparado con otros ecosistemas tropicales, la diversidad de ecosistemas, vegetación y flora del páramo está relativamente bien estudiada; pero siguen faltando muchos estudios sobre otros aspectos de la biodiversidad, especialmente sobre la fauna y la diversidad genética que son importantes para conocer los posibles impactos del cambio climático.

A la vez, el páramo está ubicándose cada vez más en el centro de la atención pública, inicialmente gracias a la creciente conciencia de la importancia de la

regulación hídrica y a los procesos de emancipación de pueblos indígenas (Hofstede. en prensa c). Gracias a esto, se incrementó el volumen de estudios sobre la hidrología del páramo; de ésta, ahora sabemos bastante, aunque es un conocimiento muy localizado. Lo propio ocurrió con el interés sobre los procesos sociales y antropológicos asociados a los páramos, cuyo estudio lastimosamente es todavía incipiente (Mujica 2011). La complejidad y dinámica social implican que se requiere de mayor tiempo y esfuerzo investigativo para poder tener un mínimo nivel de entendimiento que permita hacer generalizaciones. Esta tendencia (donde el conocimiento social queda detrás del conocimiento biofísico) es global, como mencionan Björnsen et al. (2012) como conclusión del segundo congreso del cambio global en las montañas del mundo: hay mucho avance en el entendimiento de los factores ecológicos pero es urgente llenar los vacíos sobre los sistemas socio-ecológicos.

Los estudios de conservación e impacto de las actividades humanas en el páramo han generado una buena base para afirmar que es un ecosistema altamente vulnerable, en donde cualquier actividad implica un cierto grado de afectación. Inclusive con bajos niveles de ganadería, quemadas aisladas y agricultura localizada, hay un efecto negativo sobre los aspectos que hacen que los suelos y la vegetación

del páramo constituyan un sistema con excelente capacidad de regulación hídrica. Los resultados de las investigaciones sobre plantaciones forestales, que demostraron los efectos negativos sobre los suelos, la hidrología y la biodiversidad del páramo, han cambiado las políticas de reforestación en los páramos. A la vez, se ha identificado que el páramo, aunque frágil, tiene una resiliencia intrínseca y una capacidad de adaptación a diferentes presiones exógenas. Estas investigaciones son la base para el desarrollo de prácticas productivas más amigables que pueden aplicarse sin deteriorar el páramo, incluyendo la agricultura diversificada con largos periodos de barbecho (Llambí et al. 2013) y la ganadería con especies más adaptadas como los camélidos andinos (Mena et al. 2011 a). Aún hace falta más investigación dirigida a las actividades humanas que actualmente reciben mucha atención y preocupación, como el caso de la minería. El conocimiento actual sobre la fragilidad del páramo y los impactos potenciales de las actividades humanas han traído como resultado la multiplicación de los proyectos sobre conservación y manejo sostenible y una legislación específica que considera los páramos como ecosistemas estratégicos (Crespo. 2012, Crespo & Rodríguez. 2012).

El hecho de que la generación de conocimiento sobre el páramo durante dos siglos tuvo una concentración en las

ciencias exactas y no en las sociales, dio lugar a considerar al “páramo ideal” en su estado natural. Sin embargo, la creciente atención sobre los aspectos sociales y culturales del páramo, tanto históricos como actuales, está evidenciando que la gran mayoría de los páramos tiene algún grado de intervención desde hace siglos y que en realidad, el páramo puede considerarse como un paisaje cultural que está en pleno proceso de co-evolución entre procesos naturales y socio-económicos (Mujica. 2002, White. 2013). Esta conciencia causó un cambio de enfoque sobre el páramo que resultó en que los programas actuales de gestión de páramo tengan un mayor énfasis en el manejo participativo al lado de la conservación per sé (Llambí et al. 2005, Crespo. 2012, Hofstede. en prensa b).

9.2. Lo que sabemos y lo que no sabemos del impacto del cambio climático en páramos

A pesar de la conocida vulnerabilidad y la preocupación generalizada sobre el impacto del cambio climático en el páramo (Castaño. 2002a, Young et al. 2011), el conocimiento de los efectos potenciales o actuales es muy limitado. Esto se debe, en parte, a que la historia del desarrollo académico sobre los páramos en general es relativamente corta, lo que implica un muy reciente conocimiento de nivel aceptable que nos permita conocer las bases de su

funcionamiento socio-ecosistémico para entender la complejidad del impacto del cambio climático (Anderson et al. 2011, Cuesta et al. 2012 a, b). La segunda razón es la falta de datos que comprueben el cambio climático, debido a una deficiente red de estaciones meteorológicas, a la reciente historia de registros -escasos, por lo demás- y a la alta complejidad geográfica de los Andes (Buytaert et al. 2006, de Bievre et al. 2012). La tercera razón es la ausencia de estudios de monitoreo de largo plazo en ecosistemas y sociedades que permitan monitorear cambios sobre el tiempo (Cuesta et al. 2012 c). Por esto, la gran mayoría de pronunciamientos sobre el impacto del cambio climático en los páramos son basados en modelos, supuestos y extrapolaciones de otras regiones del mundo, que en parte coinciden pero también se contradicen entre sí. Estas contradicciones no siempre son errores de análisis o de interpretación, sino producto de los muy variables escenarios del cambio climático en un paisaje tan complejo como los Andes. Esta complejidad también hace muy probable que los efectos del cambio climático sean contrarios en diferentes localidades (Buytaert et al. 2010).

Prácticamente, el único conocimiento comprobado empíricamente sobre los efectos del cambio climático en los páramos es el aumento de la temperatura promedio, en una tasa mayor que en otros ecosistemas. Hay indicios de que

la temperatura máxima está subiendo aún más, mientras que hay señales contradictorias sobre la temperatura mínima: muchos autores reportan un aumento de las temperaturas mínimas pero otros mencionan mayor incidencia de heladas (temperaturas mínimas más extremas). También hay consenso en que la estacionalidad pluvial es más pronunciada (mayor intensidad de precipitación en épocas de lluvia y épocas de estiaje más prolongadas) pero hay muy poca claridad sobre el total de la precipitación. Hay una tendencia muy poco clara sobre mayor precipitación en muchas áreas de páramo pero con mucha variabilidad a nivel local. En realidad, para la gran mayoría de las áreas de páramos es imposible afirmar si está lloviendo más o menos que antes y es mucho menos predecible lo que pasará en el futuro.

Hay consenso sobre el fenómeno de aumento de la base de las nubes y la menor ocurrencia de neblina en páramos, y los efectos que estos producen en el aumento de la irradiación. También es evidente el descongelamiento de glaciares a tasas alarmantes. Es altamente probable que en las próximas dos décadas se pierda la mayoría de los glaciares pequeños (por debajo de los 5500 m) y que se aumente el límite inferior de los glaciares grandes en varios centenares de metros. Esto tiene importantes implicaciones para los caudales de quebradas y ríos que se

alimentan del deshielo: en un principio, su caudal puede aumentar por el mayor descongelamiento, pero luego, estos sistemas hídricos sufrirán de estrés hídrico en época de estiaje. Sin embargo, la gran mayoría de las cuencas de páramo no nacen en glaciares y la contribución de agua a la cuenca por parte de las que sí se alimentan de deshielo es mínima (menos de 5%). Por esto, el posible efecto de la descongelación de glaciares en la hidrología de cuencas de páramo es incierto.

En teoría, el impacto del cambio climático sobre la hidrología del páramo se verificaría a través de la vegetación y el suelo. Las características positivas del páramo para la regulación hídrica las da principalmente la gran cantidad de materia orgánica en el suelo, bien protegido por un estrato complejo de vegetación herbácea. Si hay cambios en la vegetación y, especialmente, mayor descomposición de materia orgánica relacionada a mayores temperaturas, habrá menos materia orgánica y menor retención hídrica.

Debido a las incertidumbres sobre los patrones de precipitación bajo diferentes escenarios del cambio climático, a la enorme variabilidad espacial y a la falta de datos de monitoreo de los caudales, en realidad no se puede generalizar el efecto del cambio climático sobre la regulación hídrica y los caudales a futuro. Diferentes modelos han resultado en predicciones

que varían entre poco cambio, mayor disponibilidad de agua e importantes reducciones. La única conclusión válida es que el cambio climático implica mucha incertidumbre sobre la hidrología en los Andes.

El conocimiento respecto del efecto del cambio climático sobre la biodiversidad se basa igualmente en modelos, supuestos lógicos y extrapolaciones de estudios de otras regiones del mundo. Se sabe que la biodiversidad de ecosistemas de alta montaña es particularmente vulnerable al cambio climático, por contar con flora y fauna especializadas, adaptadas a condiciones extremas, por tener rango de distribución limitado y con barreras físicas para su eventual movimiento. Los aumentos de temperatura, los cambios en la humedad y la mayor irradiación solar pueden causar movimiento de especies, adaptaciones fisiológicas y fenológicas, extinción local o la combinación de todos estos factores. Por su situación en las altas montañas, el movimiento de nichos climáticos hacia altitudes mayores implica pérdida de conectividad y mayor aislamiento, todo lo cual amenaza el intercambio de genes y limita la distribución. Si bien no hay evidencias empíricas de que estos fenómenos sean causados directamente por el cambio climático, según evidencias de otras zonas montañosas en el mundo, es muy probable que se produzcan o que ya se estén

produciendo. Los modelos que analizaron la distribución de especies bajo diferentes escenarios de cambio climático predicen que entre un cuarto hasta más de la mitad de las especies de flora y fauna tendrían un riesgo de extinción y una fuerte afectación durante el próximo medio siglo. Un caso conocido, aunque no es absolutamente comprobado que sea un efecto del cambio climático, es la aparente extinción del jambato (*Atelopus ignescens*) de los páramos del Ecuador (Vásquez, 2000).

Un efecto del cambio climático sobre el páramo a nivel del ecosistema es la potencial subida de los cinturones altitudinales: por el aumento de la temperatura, es de esperarse que biomas enteros tiendan a moverse a altitudes mayores. Entre más alto se encuentra un ecosistema, mayor será su afectación porque el espacio geográfico a altitudes mayores es limitado. Por esto, el superpáramo es el más vulnerable a este desplazamiento altitudinal de biomas, seguido por el páramo propiamente dicho. Las estimaciones de pérdida de páramo por el desplazamiento altitudinal de los cinturones zonales varían de 30 a 50% para el año 2050. En teoría, el páramo puede ser reemplazado por el bosque andino, debido a la subida del límite superior del bosque pero en la práctica, es probable que la presencia humana y la necesidad de tierras agrícolas resulten en que el espacio dejado por el páramo no sea ocupado por el bosque andino sino por cultivos y potreros.

Los pocos estudios que identifican evidencias de los movimientos de especies, de biomas enteros y de la dinámica del límite superior del bosque, demostraron que la realidad es más compleja que la teoría y los modelos. Si bien hay evidencias de que ciertas especies han aumentado su rango altitudinal, esto no implica que necesariamente desaparecieron a altitudes mayores. El aumento del límite superior de bosque no es solamente controlado por factores climáticos sino también por aspectos fisiológicos y sinecológicos (relación entre diferentes comunidades). Hay indicios de que la resiliencia de los ecosistemas de montaña y de sus componentes, es mayor que la generalmente asumida y que la complejidad de las interacciones entre los factores climáticos, biológicos y geográficos complica el predecir qué pasaría con los ecosistemas bajo escenarios de cambio climático. Además, en estas predicciones nuevamente se incluye el hecho de que, sin escenarios ciertos de temperatura y precipitación en el futuro en un cierto lugar, ningún modelo de respuesta de los ecosistemas es confiable.

Los impactos del cambio climático sobre las actividades agrícolas de la población de páramo son estimados mediante el análisis de la aptitud climática de los cultivos de montaña. En el eventual impacto sobre cultivos individuales influye tanto el aumento de temperatura,

como los cambios en temperatura y el espacio disponible para ciertos cultivos. De especial importancia para el páramo es el cultivo de papa cuya aptitud climática aumenta en altitud. Esto es una mala noticia tanto para el páramo como para la papa. Al poder cultivar papas a mayor altitud, mayor superficie de páramo sería apta para este cultivo; no obstante, si la zona potencialmente cultivable para papas aumenta en altitud, hay menos área total disponible para este cultivo. Sin medidas de adaptación (en cuanto a variedades o prácticas de cultivo) la cosecha de papa en zonas de montaña podría disminuir en un 30%.

Debido a cambios en la aptitud climática, hay otros cultivos que perderán áreas aptas en los Andes, en especial cultivos tradicionales como granos y tubérculos. En contraste, cultivos que antes estaban restringidos a altitudes menores, como maíz y fréjol, pueden ahora ser cultivados por las comunidades cercanas a los páramos. Si bien hay evidencias anecdóticas de estos cambios, los estudios de impacto del cambio climático en cultivos son también principalmente basados en modelos y supuestos lógicos. Hay una variedad de incertidumbres (ocurrencia de plagas, aptitud de suelo en zonas de potencial extensión nueva para cultivos, efecto de irradiación, presencia de especies invasoras) que arrojan mayor incertidumbre.

La característica que más afecta a la población campesina es la incertidumbre asociada con el cambio climático. La población rural en todas las áreas andinas percibe en detalle diferentes aspectos del cambio climático. Aunque hay una enorme variabilidad en los cambios percibidos, todas las comunidades notan una menor predictibilidad de las estaciones húmedas, secas, calientes y frías, todo lo cual afecta las épocas de siembra y cosecha. La respuesta a esta menor predictibilidad en el páramo es una mayor dependencia de la ganadería (afectando así mayor áreas de páramo) y la búsqueda de ingresos no agrícolas (implicando migración y afectación de relaciones sociales).

La base de la adaptación de las comunidades al cambio climático es el conocimiento tradicional sobre el manejo del agua y la agrobiodiversidad. Las prácticas que se presentan como exitosas para la adaptación al cambio climático incluyen las buenas prácticas agrícolas y conservación de páramos que han sido promovidas durante décadas por programas de desarrollo rural sustentable en los Andes, que resultan también aptas para ser incluidas en estrategias de adaptación. La resiliencia de la comunidad rural al cambio climático depende de su capacidad técnica y financiera para aplicar estas prácticas, del tamaño y diversidad de su territorio, del acceso a sistemas de apoyo externo y de la organización

social y la diversidad de ingresos entre agrícolas y no agrícolas.

9.3. El cambio climático frente a otros desafíos para el manejo sustentable de los páramos

Es innegable que el cambio climático es una potencial y enorme amenaza para la integridad del páramo y para el bienestar de su población. Sin embargo, el cambio climático no es el único cambio que están confrontando las comunidades. La degradación ambiental general, la contaminación por industrias extractivas, la deforestación, la colonización, los conflictos armados, la inmigración de personas de otros grupos culturales, la emigración de la fuerza laboral, la construcción de carreteras, etc., son apenas unos ejemplos de cambios que impactan a las comunidades del páramo y que probablemente tienen un efecto similar o mayor sobre el ambiente y la sociedad que el cambio climático (Hofstede. en prensa c).

Muchas publicaciones analizadas en este estudio evidencian que otros factores diferentes al cambio climático tienen un efecto grande, medible y evidente sobre el páramo. Por ejemplo, si bien el aumento de la temperatura y los cambios en regímenes pluviométricos tienen un potencial efecto negativo sobre la vegetación natural, el sobrepastoreo, las quemadas, el cultivo a gran escala de papas y la minería ya han

causado la pérdida de por lo menos un tercio de los páramos y han afectan por lo menos a la mitad del remanente (Hofstede et al. 2002 b). De la misma manera, las mayores temperaturas podrían tener un efecto de mayor descomposición y menor materia orgánica en los suelos del páramo y por esto, afectar negativamente la regulación hídrica. Sin embargo, la transformación de páramo en tierras de cultivo, el sobrepastoreo y las plantaciones forestales con especies exóticas tienen un efecto mucho más rápido y medible sobre la materia orgánica y la regulación hídrica (Buytaert et al. 2006, 2010, Crespo et al. 2010, Farley et al. 2013). El cambio climático puede tener importantes consecuencias sobre las fuentes hídricas y potencialmente causar estrés hídrico en los sistemas hidrológicos, pero la demanda de agua de ciudades crecientes es mucho mayor que la potencial disminución de caudales (Buytaert & De Bièvre. 2012). El movimiento hacia arriba de los cinturones altitudinales afectaría los páramos pero, si este espacio fuera ocupado por bosques andinos, no sería una situación tan dramática. La realidad es que el espacio dejado por el páramo sería ocupado por cultivos y potreros. La mayor aptitud climática para cultivos andinos podría implicar un avance de la frontera agrícola inducido por el cambio climático. Sin embargo, estudios detallados sobre la dinámica del límite agrícola demuestran que el avance ha sido constante desde,

por lo menos, medio siglo. Las razones reportadas son muchas (reforma agraria, tenencia de tierra, degradación de zonas más bajas), cada uno independiente del cambio climático (López. 2004).

De hecho, todas las consecuencias mencionadas que se relacionan con el mal manejo de páramo (pérdida de vegetación, pérdida de materia orgánica, pérdida de capacidad de regulación, estrés hídrico, aumento de la frontera agrícola) se replicarían como posibles efectos del cambio climático, pero ya están en plena evidencia en la mayoría de los páramos (Buytaert et al. 2010). Esto implica que el cambio climático es un factor adicional que puede multiplicar las amenazas del mal manejo ambiental (Madras et al. 2013). De la misma manera, las estrategias desarrolladas para enfrentar las amenazas de este mal manejo también servirían para mitigar los efectos del cambio climático.

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

LIBROS

APELLIDO AUTOR	NOMBRES AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CUIDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Acevedo	I A	2009	Estimación hidrológica bajo escenarios de cambio climático en Colombia	Colombia	Medellín	Universidad Nacional
Adrianzen	Aracelli	2011	Cambio Climático en Comunidades Rurales. Tres experiencias de adaptación	Perú	Lima	OXFAM
Aquirre	Christian	2010	Patrones de compartamiento de 10 especies vegetales del páramo del Parque Nacional Podocarpus ante escenarios de cambio climático	Ecuador	Loja	
Andrade	Germán	2012	Biodiversidad y territorio: elementos para la gestión adaptativa frente al cambio			
global	Colombia	Bogotá	IAVI			
Angel Jaramillo	Cristal	2002	Congreso Mundial de páramos. Tomo I y Tomo II	Colombia	Bogotá	MMA, CAR, CI, IDEAM
Angel Jaramillo	Cristal	2002	Congreso Mundial de páramos. Tomo I y Tomo II	Colombia	Bogotá	MMA, CAR, CI, IDEAM
Aranaga Rojas	Gloria Patricia	2010	Estrategias para monitorear cambio climático en páramos colombianos a partir de estudios en vegetación	Colombia	Bogotá	Universidad Javeriana
Asesores técnicos Asociados		2003	Proyecto Binacional de Ordenamiento, Manejo y Desarrollo de la Cuenca Caramayo-Chira	Perú	Piura	
Asesores técnicos Asociados			“CARACTERIZACIÓN TERRITORIAL Y DOCUMENTACIÓN BÁSICA EN EL ÁMBITO DE LA CUENCA BINACIONAL CARAMAYO-CHIRA”. Estudio de Ecología. Vol. III. Estudios Básicos tomo 3.1.	Perú-Ecuador	Piura-Loja	Cooperación Española.
Ataroff	M	2003	Las unidades ecológicas del estado de Mérida	Venezuela	Mérida	Universidad de los Andes

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRES AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CUIDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Boder	Madke Y	2007	Tropical alpine treelines how ecological processes control vegetation patterning and dynamics. Tesis Ph.D	Holanda	Wogeningen	Wogeningen University
Borsky	O	1984	La Reforma Agraria Ecuatoriana.	Ecuador	Quito	Corporación Editora Nacional
Boslie	D G	1974	Tilils of the Andes: Farmers and Farming in the Quito Basin.	Estados Unidos	North Carolina	University of North Carolina Department of Geography
Beltrán	Karla	2009	Distribución espacial, sistemas ecológicos y caracterización florística de los páramos en el Ecuador	Ecuador	Quito	Ecociencia, Proyecto Paramo Andino y Herbario QCA
Bendix	Jörg	2013	Ecosystem services, biodiversity and environmental change in a tropical mountain ecosystem of South Ecuador. Ecological studies 221.	Alemania	Heidelberg	Springer
Bernal Escobar	Adriana	2013	Derretimiento y retroceso glaciar entendiendo la percepción de los hogares agrícolas que se enfrentan a los desafíos del cambio climático	Colombia	Bogotá	Documentos CEDE
Berthouet Besmediano	Norma	2012	Evaluación de potenciales impactos del cambio climático sobre la economía de pequeños agricultores: un caso de estudio en la zona andina del Ecuador	Ecuador	Quito	
Bianco	Javier	2013	Panorama del cambio climático en Colombia	Chile	Santiago de Chile	NU CEPAL, Serie Medio Ambiente y Desarrollo N° 146
Borchard de Moreno	C	1995	Llamas y ovejas. El desarrollo del ganado lanar en la Audiencia de Quito. Colonización agrícola y ganadera en América. Siglos XVI - XVIII. Su impacto en la población aborigen. L. Escobari de Quejazu.	Ecuador	Quito	Abya-Yala
Borchart	C	1998	La Audiencia de Quito. Aspectos económicos y sociales [siglos XVI-XVIII].	Ecuador	Quito	Banco Central del Ecuador / Abya-Yala
Borg	Martias	2011	La Historia de un Canal: Cambio Climático y Políticas del Agua en la Sierra Peruana. 3ª Serie: Documento de trabajo del Proyecto De los Cumbres a la Costa: Desarrollando Conciencia y Resiliencia frente al cambio climático en cuencas de Ancañ y Piura.	Perú	Lima	USAID, Instituto de Montaña, REMURPE
Bostell	J.	2012	Gestión de información agroclimática en Colombia	Colombia	Bogotá	Programa Adaptación al cambio climático en la región Andina. CAN, GIZ, BMZ

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Bruijnzeel	L A	2010	Tropical montane cloud forests.	Reino Unido	Cambridge	Cambridge University Press
Brunschön	Coirina	2010	Late Quaternary Landscape Dynamics in the Podocarpus National Park Region in the Southeastern Andes of Ecuador			
Buytaert	W	2004	The properties of the soils of the south Ecuadorian páramo and the impact of land use changes on their hydrology. Ph.D. thesis	Bélgica	Leuven	Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences, Katholieke Universiteit Leuven.
Cabrera	M	2010.	Segunda comunicación nacional ante la convención marco de Naciones Unidas sobre cambio climático.			
Cáceres	Bolivar	2006	El glaciar 15 del Artisaná. Investigaciones glaciológicas y su relación con el recurso hídrico. Climate Variability and Change—Hydrological Impacts.			Climate Variability and Change—Hydrological Impacts
Cáceres	Bolivar	2010	Actualización del inventario de tres cascaques glaciares del Ecuador. Informe de pasantía	Francia	Nice	Universidad de Nice
Capera	Claudia	2011	Metodología para el análisis de vulnerabilidad y análisis de riesgos asociados en la cuenca alta del río Cauca. Programa de Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano.	Colombia	Popayán	IDEAM
Caro	Ángela	2010	Memorias talleres. Criterios para la delimitación de páramos	Colombia	Bogotá	IAVH
Carrizosa Umaña	Juli	2012	Análisis de principales dinámicas regionales asociadas a la variabilidad y al cambio climático	Colombia	Bogotá	Plan Regional Integral de Cambio Climático región Capital - PRICC
Carrizosa Umaña	Juli	2012	Análisis de las principales dinámicas regionales asociadas a la variabilidad y al cambio climático	Colombia	Bogotá	Plan Regional Integral de Cambio Climático región Capital - PRICC
Castaño	Carlos	2002a	Páramos y ecosistemas altoandinos en condición de hotspot & global climatic tensor	Colombia	Bogotá	IDEAM
Castaño Uribe	María Camila		Efecto del incremento de temperatura sobre hongos edáficos en un páramo altoandino (Cuenca del Río Blanco, Cundinamarca) [Recurso electrónico]	Colombia	Bogotá	Universidad Javeriana

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Ceballos Llovecano	Jorge Luis	2012	Glaciares de Colombia, más que montañas con hielo	Colombia	Bogotá	IDEAM
CESA		1983	Políticas y economías campesinas en ecosistemas de altura: caso Páramo, Zona Interandina Ecuador, Soberanía campesina en ecosistemas de altura.	Chile	Santiago de Chile	CEPAL - PNUMA
Constock	Michael	2012	Caso de estudio: El proceso de cambio climático de Colombia	Colombia	Bogotá	Asociación Nacional de empresarios de Colombia - ANDI
Crespo Coello	Patricio	2012	Puentes entre culturas. La sistematización del Proyecto Páramo Andino en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú	Ecuador	Quito	Condesan
Crespo Coello	Patricio	2012	Buenas prácticas para la gestión de los páramos. Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú	Ecuador	Quito	Condesan
Crisman	C C	2001	La agricultura en los páramos del Ecuador. Production systems and Natural Resources Management Department Working Paper.	Perú	Lima	CIP
Cubillos González	Alexander	2011	El proceso de transformación del páramo de Guerrero por sistemas de ganadería bovina (1960-2010) con énfasis en políticas públicas	Colombia	Bogotá	Universidad Nacional de Colombia
Cuesta	Francisco	2012c	Biodiversidad y cambio climático en los Andes Tropicales. Conformación de una red de investigación para monitorear sus impactos y delinear acciones de adaptación.	Perú	Lima	Condesan
Cuesta	Francisco	2012a	Páramo Andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales. CONDESAN, SGCAN, Lima.	Ecuador	Quito	CONDESAN - SGCAN
Danman	Gregory	2008	Sistemas de información y datos temporales para enfrentar al cambio climático	Perú	Lima	Soluciones Prácticas-ITDG
De Janvry	A	1981	The Agrarian Question and Reformism in Latin America.		Baltimore	John Hopkins Press.

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
de Koning	F	1999	Spatially explicit analysis of land use change: a case study for Ecuador. Disertación de PhD.	Holanda		Wageningen Agricultural University
Del Busto Duthurburu	José Antonio	2004	Historia de Piura.	Perú	Piura	Universidad de Piura. Facultad de Ciencias y Humanidades. Departamento de Humanidades.
Dinerstein	E	1995	A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean	Estados Unidos	Washington	WWF-The World Bank
Domínguez	Efraím	2007	Cambio climático global y los recursos hídricos de Colombia	Colombia	Bogotá	
Espino	Oscar Javier	2012	Consolidación de las bases de datos y espacialización del perfil climático para la región capital. Informe final	Colombia	Bogotá	Plan Regional Integral de Cambio Climático región Capital - PRICC
Fandiño L	Martha	1996	A Framework for Ecological Oriented at the Establishment and Management of Protected Area. A Case Study of Santuario de Iguaque, Colombia. Tesis Ph. D	Holanda	Amsterdam	Amsterdam University
Ferwerda	W	1987	The influence of potato cultivation on the natural bunchgrass paramo in the colombian Cordillera Oriental. Tesis de M.Sc	Holanda	Amsterdam	Universidad de Amsterdam
Figuerola	Apollinar	s.f.	Estudios de vulnerabilidad de Colombia en un contexto Internacional	Colombia	Cauca	
Flores	Saskia	2012	Gente, vida y agua en los cerros. Una sistematización del Proyecto Páramo Andino en el Ecuador	Ecuador	Quito	EcoCiencia
Flores López	Francisco	2012	Un Marco de Apoyo a la toma de decisiones para la adaptación al cambio climático: Modelación del Rol de Páramo en la Hidrología Bajo un Escenario de Cambio Climático. Reporte para el PRAA-Perú.	Estados Unidos	Davis	Stockholm Environmental Institute
Flores Ochoa	J	1977	Pastores de una	Perú	Lima	Instituto de Estudios Peruanos

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Flores-López	Francisco	2012	Reporte final del Proyecto: Modelación del Rol de Páramo en la Hidrología Bajo un Escenario de Cambio Climático	USA	Davis	Stockholm Environmental Institute
Franco	Lorena	2010	Experiencias de adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña (páramos y bosques de niebla) en los Andes del Norte. Memorias del Taller Regional.	Colombia	Bogotá	WWF, MAVDT, IDEAM y Fundación Humedales
Galloway McLean	K	2011	Indigenous Peoples, Marginalized Populations and Climate Change: Vulnerability, Adaptation and Traditional Knowledge Proceedings of the Expert Workshop on Indigenous Peoples: Marginalized Populations and Climate Change 19, 21 Julio 2011	México	México D.F.	UNU, IPCC, Unesco, CDB, UNDP/SGP, INME.
Gomez Correa	Luisa Fernanda	2011	Densidad y riqueza de grupos funcionales de nematodos y su respuesta al cambio de temperatura en bosque altoandino y pastizal (Cuenca Rio Blanco, Cundinamarca)	Colombia	Bogotá	Universidad Javeriana
González Aldana	Wilmer Y	2010	Dinámica sucesional de la vegetación en la zona de transición bosque-páramo en los andes tropicales. Tesis de M.Sc.	Venezuela	Mérida	Universidad de los Andes
Granados	J	2010	Las migraciones internas y su relación con el desarrollo en Colombia: Una aproximación desde algunos estudios no clasificados como migración interna de los últimos 30 años. Tesis de maestría	Colombia	Bogotá	PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
Greenpeace		2009	Cambio climático: futuro negro para los páramos	Colombia	Bogotá	Greenpeace Colombia
Guerrero	E	2009	Implicaciones de la Minería en los Páramos de Colombia, Ecuador y Perú. Documento técnico.	Perú	Lima	CONDESAN – Proyecto Páramo Andino
Gutiérrez	Margarita	2010	Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Datos preliminares	Colombia	Bogotá	IDEAM

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

Apellido Autor	Nombre(s) Autor	Año	Título (libro)	País de publicación	Ciudad de publicación	Casa Editorial
Josse	C	2009	Mapa de ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela	Perú	Lima	SCCAN, ECOBONA, CONDESAN, Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IITA-UNALM, IAH, ICAE-JUA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL.
Juen	I	2006	Glacier mass balance and runoff in the tropical Cordillera Blanca, Perú.	Austria	Innsbruck	Institute of Geography, Innsbruck, University of Innsbruck
Kappelle	Maarten	2005	Páramos de Costa Rica	Costa Rica	Heredia	INBIO
Krapp	G	1991	Andean Ecology: Adaptive Dynamics in Ecuador	Estados Unidos	Boulder	Westview Press
Körner		2012	Alpine TreeLines: Functional ecology of the global high elevation tree limits.	Suiza	Basel	Springer
Lasso	Renata	2009	Zonas de Altura y Páramos: Espacios de Vida y Desarrollo.	Ecuador	Quito	AVSECAMAREN, EcoCiencia
Lau	Charlotte	2013	Agricultura Colombiana: Adaptación al Cambio Climático	Colombia	Bogotá	CIAT
Llambi	Luis Daniel	2012	Ecología, hidrología y suelos de páramos	Ecuador	Quito	CONDESAN/Proyecto Páramo Andino
Llambi	Daniel	2012	Ecología, hidrología y suelos de páramos. Proyecto Páramo Andino.	Ecuador	Quito	CONDESAN
López	María Fernanda	2004	Agricultural and settlement frontiers in the Tropical Andes: the páramo belt of Northern Ecuador, 1640-1990. Regensburg Geographische Schriften. Heft 37.	Alemania	Regensburg	Universitat Regensburg
López	Gabriela	2010	Diagnóstico Socio - Ecológico (DSE) del Plan de Manejo Participativo del Páramo: LA REALIDAD DEL PARÁMO DE SAMANGA	Perú	Lima	Editorial Supergráfica E.I.R.L.
Lozano	P	2003	ESTADO ACTUAL DE LA FLORA ENDEMICAS EXCLUSIVA Y SU DISTRIBUCIÓN EN EL OCCIDENTE DEL PARQUE NACIONAL PODOCARPUS	Ecuador	Loja	Editorial UTP
Lozano	Pilar	2002	Sistemas de Producción Rurales en la Región Andina Colombiana: Análisis de su viabilidad económica, ambiental y cultural	Colombia	Bogotá	Geograf

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

Apellido Autor	Nombre(s) Autor	Año	Título (libro)	País de publicación	Ciudad de publicación	Casa Editorial
Gutiérrez	Margarita	2011	Análisis de Vulnerabilidad para los Nodos Regionales de Cambio Climático	Colombia	Bogotá	IDEAM
Hernández	Maximiliano	2005	Atlas climatológico de Colombia	Colombia	Bogotá	IDEAM
Hérmades Iglesias	Néstor	2010	Inversiones en investigación sobre cambio climático y sector agropecuario	Colombia	Bogotá	Ministerio de agricultura
Herrera Santos	Carlos Manuel	2010	Colombia, hacia una economía baja en carbono	Colombia	Bogotá	Asociación Nacional de empresarios de Colombia - ANDI
Hocquenghem	Anne Marie	1998	Para vencer a la muerte	Perú	Lima	Lluvia Editores
Hofstede	Robert	2011	Un árbol no siempre es más agua: a propósito de las políticas de reforestación. Propuestas andinas # 3.	Perú	Lima	Condesan
Hofstede	Robert	2003	Los páramos del mundo	Ecuador	Quito	UICN/GPI/EcoCiencia
Hofstede	Robert	1998	Geografía, Ecología y Forestación de la Sierra Alta del Ecuador. Revisión de Literatura	Ecuador	Quito	ediciones Abya-Yala
Hofstede	Robert	1995b	Effects of burning and grazing on a Colombian páramo ecosystem. Tesis de Ph.D.	Holanda	Amsterdam	Universidad de Amsterdam
IDEAM		2011	Cuarto Estudio Nacional del Agua. Presentado en: Los Estudios Nacionales de agua, 2011	Colombia	Bogotá	IDEAM
Isaza Delgado	José Fernando	2007	cambio climático: Glaciaciones y calentamiento global	Colombia	Bogotá	Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano
Iturralde-Pólit	Paula	2010	Evaluación del impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador. Serie Avances de investigación n.º 66	Ecuador	Quito	Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Jaramillo Delgado	Daniel Alejandro	2012	Efectos económicos del cambio climático sobre el cultivo de papa en Colombia	Colombia	Bogotá	Universidad de los Andes
Jaramillo	Sandra	2012	Proyecto Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador. Serie Avances de investigación n.º 66	España	Madrid	Fundación Carolina - CTT/USFQ
Jørgensen	P. M.	1994	Seed plants of the high Andes of Ecuador: a checklist. AAU reports 34.	Dinamarca	Aarhus	Department of systematic botany, Aarhus University

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Luteyn	James L	1999	Páramos a checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature. Memoris of The New York Botanical Garden. Volumen 84	Estados Unidos	New York	The New York Botanical Garden
MAE	Proyecto GEF/PNUD/MAE	2011	Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático.	Ecuador	Quito	MAE
Maisincho	L	2009	Reconstrucción y predicción de la evolución del balance de masa y la línea de nieve del Glaciar 15 Alfa del Anlisana usando un modelo degree-day. PREFALC (Programa Regional Francia-América Latina y el Caribe)			
Malagón	D	1991	Génesis y taxonomía de los andesoles Colombianos	Colombia	Bogotá	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
Maldonado	Gabriela	2011	Paramundi. Memorias del 2do congreso mundial de páramos.	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Mardas	N	2013	Amazonia Security Agenda: Summary of Findings and Initial Recommendations	Reino Unido	Oxford	Global Canopy Programme
Martínez Sarmiento	Oscar Javier	2011	Monitoreo a los ciclos de agua y carbono en ecosistemas de alta montaña. Proyecto Piloto Nacional de Adaptación en Cambio Climático INAP – Alta Montaña	Colombia	Bogotá	IDEAM
Mena	Patricio	2001	Los páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas	Ecuador	Quito	AbyaYala/Proyecto páramo
Mena	P	2008	Genie Y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador.	Ecuador	Quito	Ecociencia - Abya Yala
Mena Vásconez	Patricio	2011b	La realidad de las pparamas en el Ecuador. Una visión para el futuro. Foro 5	Ecuador	Riobamba	FRHCh/ACRA/Mesa Provincial del Ambiente/GTP

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Mena-Vásconez	Patricio	2011a	Paríamo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado.	Ecuador	Quito	EcoCiencia/AbyaYala/ECOBONA
Mier Jiménez	Carolina Isabel	2011	Transversalización del enfoque de género en las políticas Medioambientales promovidas por el comité nacional del clima - ministerio de medio ambiente como alternativa para mitigar efectos de cambio climático en el grupo femenino Del Ecuador en los años 2003-2009	Ecuador	Quito	Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Molinillo	Marcelo	2000	Patrones de vegetación y de pastoreo en ecosistemas andinos: una comparación de casos de estudio en punas y páramos. Tesis de Ph.D.	Venezuela	Mérida	Universidad de los Andes
Monasterio	Maximina	1980	Estudios ecológicos de los páramos andinos.	Venezuela	Mérida	Universidad de los Andes
Monje	Cesar	2011	Integración de ecosistemas y adaptación al cambio climático en el macizo colombiano	Colombia		
Monteclegre	Edgar		Determinación de las alteraciones de la Precipitación y la Temperatura del aire durante los fenómenos El Niño y La Niña, con base en los datos históricos de las estaciones Meteorológicas en la Región Capital (Bogotá y Cundinamarca), para actualizar los resultados del modelo del IDEAM	Colombia	Bogotá	Plan Regional Integral de Cambio Climático región Capital - PRICC
Monteclegre	Edgar		Determinación de las alteraciones de la Precipitación y la Temperatura del aire durante los fenómenos El Niño y La Niña, con base en los datos históricos de las estaciones Meteorológicas en la Región Capital (Bogotá y Cundinamarca), para actualizar los resultados del modelo del IDEAM	Colombia	Bogotá	Plan Regional Integral de Cambio Climático región Capital - PRICC
Monteclegre	Edgar		Determinación de las alteraciones de la Precipitación y la Temperatura del aire durante los fenómenos El Niño y La Niña, con base en los datos históricos de las estaciones Meteorológicas en la Región Capital (Bogotá y Cundinamarca), para actualizar los resultados del modelo del IDEAM	Colombia	Bogotá	Plan Regional Integral de Cambio Climático región Capital - PRICC

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Morales	M	2007	Atlas de páramos de Colombia	Colombia	Bogotá	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Morales Delgado	Adriana	2011	Las percepciones locales como marco explicativo de la realidad socioambiental y la conservación del ecosistema caso: comunidades del páramo de Tuñame. Tesis de M.Sc.	Venezuela	Mérida	Universidad de los Andes
Moscol	M C	2010	Holocene upper forest fire dynamics in the Ecuadorian Andes. Disertación de PhD.	Holanda	Ámsterdam	Universidad de Ámsterdam
Moya	Enrique	2008	Familias alpaqueñas enfrentando al Cambio Climático. Propuestas de adaptación tecnológica de la crianza de alpacas frente al cambio climático en Cusco	Perú	Lima	Soluciones Prácticas-ITDG
Mujica B	Elías	2002	Paisajes Culturales en Los Andes. Memoria Narrativa, Casos de Estudio, Conclusiones y Recomendaciones de la Reunión de Expertos Arequipa y Chivay, Perú	Perú	Lima	SIKLOS S. R. Ltda.
Nakashima	D J	2012	Weathering Uncertainty: Traditional Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation.	Francia-Australia	París-Darwin	UNESCO-UNU
Nelson	G C	2009	Cambio climático e impacto en la agricultura y los costos de adaptación	Colombia	Bogotá	Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias, IFPRI
Novoa	Jorge	2011	HUANCABAMBA: Páramos, bosques y biodiversidad.	Perú	Piura	Instituto de Montaña
Ortiz	Cesar	2012	Cambio Climático, Diversidad Biológica y Cultural	Colombia	Bogotá	Procuraduría general de la nación

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Oviedo Torres	Bianca Eivira	2010	Guía de procedimientos para la generación de escenarios de cambio climático regional y local a partir de los modelos locales	Colombia	Bogotá	IDEMM
Oviedo Torres	Bianca	2010	Generación de escenarios de cambio climático regionales y locales a partir de modelos globales - Guía para tomadores de decisión	Colombia	Bogotá	IDEMM
Pabón	Jose	2011	Escenarios de cambio climático panorama 2011-2100	Colombia	Bogotá	IDEMM
Pabón Calcedo	José	2008	Escenarios de cambio climático para 24 regiones de Colombia	Colombia	Bogotá	Conservación Internacional- departamento de geografía Universidad Nacional
Pabón Calcedo	José	2011a	Guía taller sobre modelación de escenarios de cambio climático	Colombia	Bogotá	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
Pabón Calcedo	José	2011b	Cambio climático en el territorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	Colombia	Bogotá	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia
Pabón Calcedo	José	2011	Guía taller sobre modelación de escenarios de cambio climático	Colombia	Bogotá	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
Paez Ramirez	Andrés	2011	Cambio climático, diversidad biológica y cultura su relación desde las perspectivas socioeconómica, cultural y ambiental : caso Colombia	Colombia	Bogotá	IEMP Ediciones
Pérez Arriaga	Rebeca	2000	Interpretación ecológica de la ganadería extensiva y sus interrelaciones con la agricultura en el piso agrícola del páramo de Gavidá, Andes venezolanos. Tesis de M.Sc.	Venezuela	Mérida	Universidad de los Andes
Poulenard	J.	2000	Les sols des paramos d'Equateur sur couverture pyroclastique, diversité, génèse et propriétés physiques. Disertación de Ph. D.	Francia	Nancy	Universidad Henry Poincaré

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRES(A) AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Pribe	M.F	2006	Global change in mountain regions	Reino Unido	Duncow	Sapiens Publishing
Puma	Michael	2012	Climate Change Profiles for the Capital Region of Bogotá-Cundinamarca, Colombia	Colombia		Plan Regional Integral de Cambio Climático región Capital - PRICC
Ramírez Villegas	Ricardo		Influencia del cambio climático en la hidrología del Páramo de Chingaza	Colombia	Bogotá	Universidad Javeriana
Ramón	G	2000	Cambios Históricas en el Manejo de Los Suelos Serranos. Manejo, Recuperación y Conservación de Los Suelos Serranos.	Ecuador	Quito	Consorcio CAMAREN
Ramsay	Paul M	2001	The Ecology of Vulcan Chiles. High-altitude Ecosystems on the Ecuador-Colombia Border	Inglaterra	Plymouth	Pebble & Shell Publications
Ramsay	PM	1993	The páramo vegetation of Ecuador: the community ecology, dynamics and productivity of tropical grasslands in the Andes. tesis de PH.D.			Universidad de Gales
Rangel	O	2000	Colombia diversidad biológica III. La región de vida paramuna de Colombia	Colombia	Bogotá	Universidad Nacional de Colombia
Reyes	Pedro	1995	El páramo: un ecosistema de alta montaña. serie montañas tropicales.	Colombia	Bogotá	Fundación Ecosistemas Andinos; Gobernación de Boyacá
Rhoades	Robert	2006	Development with identity: Community, culture and sustainability in the Andes	Reino Unido	Wallingford	CAB International
Rivera	Daniel	2011	Guía vivencial de criterios para la delimitación de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 88 págs.	Colombia	Bogotá	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Rodríguez	Andrea	2012	Documento tesis sobre la evaluación y proyección de la variabilidad interanual del clima relacionada con los fenómenos del niño y de la niña	Colombia	Bogotá	Plan Regional Integral de Cambio Climático región Capital - PRICC
Rodríguez	J.P	1995	Libro rojo de la fauna venezolana	Venezuela	Caracas	PROVITA-Fundación Polar
Rodríguez	Fernando	2012	Reconstruction of Late Quaternary Landscapes dynamics in the Podocarpus National Park region Southern Andes of Ecuador. PH.D. tesis.	Alemania	Göttingen	Georg August University
Rodríguez Erazo	Nelly	2010	Cambio climático y su relación con el uso del suelo en los Andes colombianos	Colombia	Bogotá	Ciencias IAVH, Universidad Nacional de Colombia

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRES(A) AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Rodríguez Morales	Mayraín E	2010	El páramo como proveedor de agua: análisis de las unidades geomorfológicas y de vegetación sobre el balance hídrico de una microcuenca andina de Venezuela. Tesis de M.Sc.	Venezuela	Mérida	Universidad de los Andes
Rodríguez-Erazo	N	2010	Cambio climático y su relación con el uso del suelo en los Andes colombianos	Colombia	Bogotá	IAVH/Universidad Nacional/ Ciencias
Ruiz	D	2009	Signals of climate variability/changes in surface water supply of high-mountain watersheds - case study: Claro river high mountain basin, Los Nevados Natural Park, Andean Central Mountain Range, Colombia	Colombia	Medellin	World bank Group and School Engineering
Sagástequi	Abundio	1999	Diversidad Florística del Norte del Perú; tomo I.	Perú	Trujillo	Fondo Editorial Universidad Privada Antenor Orrego
Saizzer Rojas	Marcela	2011	Estado del arte : impacto que el cambio climático podría llegar a tener en Colombia en los tumbes de abastecimiento de agua potable	Colombia	Bogotá	Universidad de los Andes
Sarmudio	R	2006	Evaluación biológica del ecosistema de páramo de Panamá; Cerros Fábrega – Tamú	Panamá		ANAM-SOMASPA-INC
Sanchez	Isidoro	2012	Diversidad Biológica en Cajamarca: Visión étnico-cultural y potencialidades	Perú	Cajamarca	Visual47 Ediciones
Sarmiento	Fausto O	2012	Contesting Páramo: Critical Biogeography of the Northern Andean Highlands	Estados Unidos	Charlotte	Kona Publishing and Media Group
Schisabal	F	2011	Memoria del Taller "Construcción y socialización de la estrategia de adaptación al cambio climático en la cuenca Tulug Morales del Valle del Cauca priorizando acciones de conservación de fauna vulnerable"	Colombia	Tuluá	CIAT//Fundación Ciudad Verde SGAP
Segovia	F	2013	El clima cambia, cambia tú también: Adaptación al cambio climático en comunidades locales en Ecuador.	Perú	Lima	SPDA, EcoCiencia, UICN, AECID.
Serrano Evers	Claudia Cristina	2008	Situación de los páramos en Colombia frente a la actividad antrópica y el cambio climático Informe preventivo	Colombia	Bogotá	Colombia Procuraduría General de la Nación

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Guerra	Sandra	2012	Corredor de Conservación Chingaza - Sumapaz - Guereño			
Resultados del Diseño y Lineamientos de Acción	Colombia	Bogotá	CI Parques Nacionales			
Sherwood	Stephen G	2009	Learning from Carchi. Agricultural Modernisation and the production of Decline. Tesis Ph.D	Holanda		Wageningen University
Shutze	Klaus	2011	Aspectos del cambio climático y adaptación en el ordenamiento territorial de alta montaña. Guía Metodológica. Caso piloto. INAP. Componente B	Colombia	Bogotá	IDEAM, CI
Sklenár	Peir	2005	Flora genérica de los páramos. Guía ilustrada de las Plantas Vasculares. Memoirs of The New York Botanical Garden. Volumen 92	Estados Unidos	New York	The New York Botanical Garden
Sklenář □	P	2000	Vegetation ecology and phytogeography of Ecuadorian superpáramos. Ph.D. dissertation.	República Checa	Praga	Charles University
Soto	A	2001	Primera comunicación nacional ante el convenio marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático	Colombia	Bogotá	IDEAM
Timbe	E	2004	Disgregación temporal de datos diarios de precipitación en microcuencas de páramo. Tesis de maestría.	Ecuador	Cuenca	Universidad de Cuenca
Tonneljck	Femke H	2006	Volcanic Ash Soils in Andean Ecosystems. Unravelling organic matter distribution and stabilisation. Tesis Ph. D	Holanda	Amsterdam	Amsterdam University
Torres	Juan	2012	EL CLIMA Y LOS CONOCIMIENTOS TRADICIONALES EN LA REGIÓN ANDINA. CLIMAS ENCONTRADOS. Recopilación y análisis de la bibliografía temática existente	Perú	Lima	Soluciones Prácticas

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Torres	F	2007	Economías sanas en ambientes sanos: Los páramos, el agua y la biodiversidad para el desarrollo y competitividad agrícola del norte peruano. Serie: Conserorios sobre el Ecosistema Páramo Memorias del Primer Conserorio – Pivra. 12 de diciembre del 2007	Perú	Lima	INCAAGRO-Instituto de Montaña
Torres	J	2012	Strengthening capacities for climate change adaptation in mountain ecosystems: the latin american response. Evidence and lessons from latin America (ECLA).	Perú	Lima	Soluciones Prácticas
Torres Guevara,	Juan		Directorio Nacional: Cambio Climático en el Perú 2012. Instituciones: Investigadores y Profesionales;			
Programas, Proyectos e Iniciativas: Marco Legal: Bibliografía & Desarrollo de Capacidades.	Perú	Lima	Soluciones Prácticas – ITDG. 3era Edición			
Valdivia	Gustavo	2012	Los desafíos de la Adaptación al Cambio Climático en comunidades rurales altoandinas	Perú	Lima	Soluciones Prácticas
Valero Lacruz	Leida del C	2010	Dinámica sucesional de la vegetación en la zona de transición bosque-páramo en los andes tropicales. Tesis de M.Sc.	Venezuela	Mérida	Universidad de los Andes
Van der Molen	Kristin	2007	Cambios percibidos en la disponibilidad del agua para la agricultura debido al cambio climático en nueve comunidades campesinas de Cotacachi.	Ecuador	Quito	Universidad Simón Bolívar
Varechi	W	1970	Flora de los páramos de Venezuela	Venezuela	Mérida	Ediciones del Rectorado, Universidad de los Andes
Varela	Amanda	2010	Diversidad y cambio climático	Colombia	Bogotá	IDEAM, INAP
Vargas Rios	Oriando	2011	Reviviendo nuestros páramos: Restauración ecológica de páramos.	Ecuador	Quito	Condesan
Vargara	Walter	2011	Assessment of the impacts of climate change on mountain hydrology: development of a methodology through a case study in Peru	Estados Unidos	Washington	The world Bank

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (LIBRO)	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Vergara	Karla Viviana	2011	Variabilidad climática, percepción ambiental y estrategias de adaptación de la comunidad campesina de Conchucos, Ancash	Perú	Lima	Tesis - Pontificia Universidad Católica del Perú, FACULTAD DE LETRAS Y CIENCIAS HUMANAS
Vergara	Karla Viviana	2011	Variabilidad climática, percepción ambiental y estrategias de adaptación de la comunidad campesina de Conchucos, Ancash, Tesis	Perú	Lima	Pontificia Universidad Católica del Perú, FACULTAD DE LETRAS Y CIENCIAS HUMANAS
Verweij	Pita A	1995	Spatial and temporal modelling of vegetation patterns, Burning and grazing in the paramo pf Los Nevados National Park, Colombia, Tesis Ph.D	Holanda	Enschede	Enschede University
Weismantel	M J	1988	Food, Gender, and Poverty in the Ecuadorian Andes.	Estados Unidos		University of Pennsylvania Press.
Yauri	Héctor	2012	Evaluación del riesgo climático en la agricultura en la cuenca del río Piura	Perú	Piura	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú Diercción Regional de SENAMHI Piura

ARTICULOS EN LIBROS

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (CAPÍTULO)	TÍTULO (LIBRO)	APELLIDO EDITOR	NOMBRE(S) EDITOR	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Acevedo	Dimas	2011	Análisis de los efectos del cambio global sobre el ecotono bosque - páramo: un enfoque de integración de escalas	Paramundi. Memorias del 2do congreso mundial de páramos.	Maldonado	Gabriela	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Albán	Susana	1999	Cómo incluir género en un proyecto de páramo: La experiencia del proyecto Páramo	Género y Páramo. Serie Páramo 2.GTP/	Medina	Galo	Ecuador	Quito	Abya Yala, Quito.
Anderson	Elizabeth P	2011	Consecuencias del cambio climático en los ecosistemas y servicios ecosistémicos de los Andes Tropicales	Cambio climático y biodiversidad en los Andes Tropicales	Herzog	Sebastian K	Brazil/Francia	Sao José dos Campos/Paris	IAI SCOPE

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (CAPÍTULO)	TÍTULO (LIBRO)	APELLIDO EDITOR	NOMBRE(S) EDITOR	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Arzola	M C	2000	Anfibios	Colombia diversidad de vida paramuna de Colombia	Rangel	J O	Colombia	Bogotá	Universidad Nacional de Colombia
Arroyo	Paulina	1999	Estudio de caso sobre las relaciones de género en la comunidad de Inga Monserrate, provincia de Pichincha, Ecuador	Género y Páramo. Serie Páramo 2.GTP/	Medina	Galo	Ecuador	Quito	Abya Yala, Quito.
Arzac	Alberto	2011	Distribución espacial de formas de vida de plantas en un gradiente altitudinal en los Andes tropicales venezolanos	Paramundi. Memorias del 2do congreso mundial de páramos.	Maldonado	Gabriela	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Bajilev	Henrik	2001	Sin título	Los páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas	Mena Vásconez	Patricio	Ecuador	Quito	Abya Yala
Barba	Diana	2010	Capítulo Tres. Mitigación	Segunda comunicación nacional ante la convención marco de Naciones Unidas sobre cambio climático	Cabrera	Mauricio	Colombia	Bogotá	IDEFAM
Belarmino-Bonilla	David Alfonso		Relación del terio cadiello, Bolborhynchus ferrugineifrons, con el uso de la tierra en los páramos colombianos [preliminar]	Paramundi. Memorias del 2do congreso mundial de páramos.	Maldonado	Gabriela	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Benavides Butrigo	Dalia	2010	Capítulo dos. Inventario nacional de emisores de gases efecto invernadero	Segunda comunicación nacional ante la convención marco de Naciones Unidas sobre cambio climático	Cabrera	Mauricio	Colombia	Bogotá	IDEFAM

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (CAPÍTULO)	TÍTULO (LIBRO)	APELLIDO EDITOR	NOMBRE(S) EDITOR	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Cárdenas Sánchez	Andrea del Pilar	2011	Parámos y alta montaña en Colombia: territorialización de la guerra y organización social	Parámunudi. Memorias del 2do congreso mundial de parámos.	Maldonado	Gabriela	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Carillo		2011	Perspectiva histórica la utilización prehispánica del páramo ecuatoriano.	Parámunudi. Memorias del 2do congreso mundial de parámos.	Maldonado	Gabriela	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Castaño	Carlos	2002b	Colombia altoandina y la significancia ambiental del bioma páramo en el contexto de los Andes tropicales: una aproximación a los efectos futuros por el cambio climático global (Global Climatic Tensor)	Congreso mundial de parámos. Memorias tomo I	varios autores		Colombia	Bogotá	MMA, CAR, CI, IDEAM
Castaño Uribe	Carlos	2003	Colombia	Los páramos del mundo	Holstede	Robert	Ecuador	Quito	UICN/GPI/Ecociencia
Cobo	Fernando	2001	La ganadería vacuna y caballar en los parámos	La agricultura y la ganadería en los Parámos. Serie Parámos 8, GIP	Medina	Galo	Ecuador	Quito	EcoCiencia/Abya Yala
	J	1986	Speciation and radiation of the Espelette in the Andes.	High altitude tropical biogeography	Vuilleumier	F	Reino Unido	Oxford	Oxford University Press
Cuesta	Francisco	2012b	Síntesis de los impactos y estado del conocimiento de los efectos del cambio climático en la biodiversidad de los Andes Tropicales	Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales	Cuesta	Francisco	Perú	Lima	CONDESAN SG-CAN
Cuesta	Francisco	2008	Posibles efectos del calentamiento global sobre el nicho climático de algunas especies en los Andes Tropicales	Parámos y Cambio climático. Serie Páramo 23	Mena Vásquez	Patricio	Ecuador	Quito	EcoCiencia/Abya Yala/ECOBONA

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (CAPÍTULO)	TÍTULO (LIBRO)	APELLIDO EDITOR	NOMBRE(S) EDITOR	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Bruijnzeel	L A	1995	Hydrology and biogeochemistry of tropical montane cloud forests: what do we really know?	Tropical montane cloud forests.	Hamilton	L S	Estados Unidos	New York	Springer-Verlag
Busch	M B		Andean montane forests and climate change	Tropical rainforest responses to climatic change	Busch	Mark B	Alemania	Heidelberg	Springer
Buytaert	Wouter	2012	Generación de escenarios desagregados del cambio climático para los Andes Tropicales	Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales	Cuesta	Francisco	Perú	Lima	CONDESAN SG-CAN
Buytaert	Wouter	2012	Generación de escenarios desagregados del cambio climático para los Andes Tropicales.	Panorama andino sobre cambio climático	Cuesta	Francisco	Ecuador	Quito	CONDESAN - SCCAN
Cabrera	Mauricio	2010	Capítulo Uno. Circunstancias nacionales	Segunda comunicación nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre cambio climático	Cabrera	Mauricio	Colombia	Bogotá	IDEAM
Cabrera	Mauricio	2010	Vulnerabilidad	Segunda comunicación nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre cambio climático			Colombia	Bogotá	República de Colombia
Cárdenas	Camilo de los A	2011	Caracterización de un gradiente de disturbios por efecto de incendio y pastoreo en páramo húmedo de Colombia	Parámunudi. Memorias del 2do congreso mundial de parámos.	Maldonado	Gabriela	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APellido Autor	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (CAPÍTULO)	TÍTULO (LIBRO)	APellido EDITOR	NOMBRE(S) EDITOR	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
de Bievre	Bert	2012	Síntesis de los impactos de los efectos del cambio climático en los recursos hídricos en los Andes Tropicales y las estrategias de adaptación desarrolladas por los pobladores	Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales	Cuesta	Francisco	Perú	Lima	CONDESAN SG-CAN
De Briévre	Bert	2011	Hidrología de páramos: importancia, propiedades y vulnerabilidad.	Páramo, Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado. EcoCiencia/AbyaYala/ECOBONA, Quito.	Mena-Vásquez	Patricio	Ecuador	Quito	EcoCiencia/AbyaYala/ECOBONA
Díaz Granados	Mauricio	2010	Relaciones filogenéticas y biogeográficas de los frailejones (subtribu Espeletinae) Como aporte a la definición de criterios para la delimitación de páramos en Colombia	Memorias talleres. Definición de criterios para la delimitación de páramos	Caro	Ángela	Colombia	Bogotá	IAVH
Domínguez E.,	Efraín	2010	Efectos Hidrológicos del Cambio Climático en Colombia	Diversidad y Cambio Climático	Varela	Amanda	Colombia	Bogotá	IDEAM, INAP
Euscátegui-Collazos	Christian	2002	Retiroso glaciar en el volcán nevado Santa Isabel y su relación con el comportamiento climático (CORDILLERA CENTRAL, COLOMBIA)	Congreso mundial de páramos. Memorias tomo I	varios autores		Colombia	Bogotá	MMA, CAR, CI, IDEAM
Farley	Kathleen	2002	Plantaciones forestales y producción de los servicios ambientales	Páramo, Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado.	Mena-Vásquez	Patricio	Ecuador	Quito	EcoCiencia/AbyaYala/ECOBONA

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APellido Autor	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (CAPÍTULO)	TÍTULO (LIBRO)	APellido EDITOR	NOMBRE(S) EDITOR	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Florez	Antonio	2002	Movilidad altitudinal de páramos y glaciares	Congreso mundial de páramos. Memorias tomo I	varios autores		Colombia	Bogotá	MMA, CAR, CI, IDEAM
Florez	Cristian	2010	Propuesta metodológica para el estudio de la línea de sostenibilidad ambiental, como herramienta para evaluar la capacidad de adaptación al cambio climático en territorios colectivos: estudio de caso, subcuenca del río Guiza, piedemonte costero norriñense, Colombia	Experiencias de adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña (páramos y bosques de niebla) en los Andes del Norte. Memorias del Taller Regional.	Franco	Lorena	Colombia	Bogotá	WWF, MAAVDT, IDEAM y Fundación Humeddes
Foden	W	2008	Species susceptibility to climate change impacts.	The 2008 review of the IUCN Red List of threatened species	Vié	J C	Suiza	Gland	IUCN
García Portilla	Jason	2010	Adaptación al cambio climático Política nacional de cambio climático	Experiencias de adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña (páramos y bosques de niebla) en los Andes del Norte. Memorias del Taller Regional.	Franco	Lorena	Colombia	Bogotá	WWF, MAAVDT, IDEAM y Fundación Humeddes
Gómez Sánchez	Carlos Eduardo	2002	Cambios y transformaciones en el suelo del bioma de páramo por el cambio climático.	Congreso Mundial de Páramos. Memorias, tomo I	Angel Jaramillo	C	Colombia	Bogotá	MMA/IDEAM/CI
González	Wilmer	2011	Dinámica sucesional de la vegetación en la zona de transición bosque-páramo en la Cordillera de Mérida	Pararamundi. Memorias del 2do congreso mundial de páramos.	Maldonado	Gabriela	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (CAPÍTULO)	TÍTULO (LIBRO)	APELLIDO EDITOR	NOMBRE(S) EDITOR	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Hofstede	Robert	en prensa c	Un paisaje con muchas dimensiones: el desarrollo de la relación entre la sociedad y los páramos andinos	Visión socioecosistémica de los Páramos y la Alta Montaña Colombiana: Memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de Páramos	Bapliste	Brigitte	Colombia	Bogotá	IAVH
Hofstede	Robert	2010	Ecosystem approach applied to interfunctional connectivity: The Andean Páramo Corridor	Connectivity Conservation Management: A Global Guide.	Lockwood	M	Reino Unido	London	Earthscan
Hofstede	Robert	2006	The ecosystem approach applied to the conservation of the páramo ecosystem in the Andes	Global Changes in Mountain Regions.	Priee	M F	Reino Unido	Duncow	Sapiens Publishing
Hofstede	Robert	2003	Los páramos en el mundo: su diversidad y sus habitantes	Los páramos del mundo	Hofstede	Robert	Ecuador	Quito	UICN/GPI/Ecociencia
Horn	Sally P	2010	Fire in the páramo ecosystems of Central and South America	Tropical Fire Ecology: Climate Change, Land Use and Ecosystem Dynamics	Cochrane	Mark A	Alemania	Heidelberg	Springer
Huggel	C	2008	The SDC Climate Change Adaptation Programme in Peru: Disaster Risk Reduction within an Integrative Climate Change Context.	Proceedings of the International Disaster and Risk Conference, Davos, August 25-29 2008	Ammann	W J	Ottawa	Canadá	IDRC
Jansen	Boris	2010	How an advanced combination of soil science, biogeochemistry, and paleo-ecology helps Ecuadorian cloud forest management.	19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Brisbane, Australia.			Australia	Brisbane	
Kappelle	Maarten	2003	Costa Rica	Los páramos del mundo	Hofstede	Robert	Ecuador	Quito	UICN/GPI/Ecociencia

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (CAPÍTULO)	TÍTULO (LIBRO)	APELLIDO EDITOR	NOMBRE(S) EDITOR	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Hofstede	Robert	2001a	El manejo del páramo como ecosistema estratégico	Los páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas.	Mena Vásquez	Patricio	Ecuador	Quito	Abya Yala
Hofstede	Robert	2001b	Historia, tendencias y perspectivas para el manejo de los páramos	Los páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas.	Mena Vásquez	Patricio	Ecuador	Quito	Abya Yala
Hofstede	Robert	2011a	Adaptación al cambio climático basada en los conocimientos tradicionales. Una integración de la información recopilada en la iniciativa "El Clima Cambia, Cambia TU También".	Paramundi. Memorias del 2do congreso mundial de páramos.	Maldonado	Gabriela	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Hofstede	Robert	en prensa a	Lo mucho que sabemos del páramo. Apuntes sobre el conocimiento actual de la integridad, la transformación y la conservación del páramo	Adaptación y Conocimiento Tradicional	Lara	Romeil	Ecuador	Quito	UICN
Hofstede	Robert	en prensa b	Visión socioecosistémica de los Páramos y la Alta Montaña Colombiana: Memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de Páramos	Adaptación y Conocimiento Tradicional	Bapliste	Brigitte	Colombia	Bogotá	IAVH

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (CAPÍTULO)	TÍTULO (LIBRO)	APELLIDO EDITOR	NOMBRE(S) EDITOR	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Molano	Joabuj	2010	Delimitaciones diacrónicas de los territorios de páramo en Colombia: límites, fronteras y territorialidades	Memorias talleres. Definición de criterios para la delimitación de páramos	Caro	Ángela	Colombia	Bogotá	IAPH
Monasterio	Maximina	2003	La integración del Desarrollo agrícola y la conservación de áreas frías en los páramos de la Cordillera de Mérida, Venezuela	Congreso Mundial de Páramos. Memorias, Tomo 2	Ángel Jaramillo	C	Colombia	Bogotá	MMA/IDEAM/CI
Monasterio	Maximina	2002	Evolución y transformación de Los Páramos en la Cordillera de Mérida: Paisajes Naturales y Culturales en los Andes, Venezuela	Paisajes Culturales	Mujica	Elias	Perú	Lima	UNESCO
Monasterio	Maximina	2003	Venezuela	Los páramos del mundo	Hofstede	Robert	Ecuador	Quito	UICN/GPI/Ecociencia
Mora Osejo	Luis Eduardo	2002	Ciclo climático circadiano, los cambios intempesivos del clima						
Mujica Barreda	Congreso mundial de páramos. Memorias Tomo 1	varios autores	El páramo: el paisaje cultural	Colombia	Bogotá	MMA, CAR, CI, IDEAM	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Nakashima	D	2002	Indigenous knowledge, peoples and sustainable practice.	Encyclopedia of Global Environmental Change	Munn	T	Reino Unido	Chichester	Wiley and Sons

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (CAPÍTULO)	TÍTULO (LIBRO)	APELLIDO EDITOR	NOMBRE(S) EDITOR	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Nieto	Carlos	2011	La agrobiodiversidad en los ecosistemas de páramo: una primera aproximación a su inventario y su situación actual	Páramo, Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado.	Mena-Vásconez	Patricio	Ecuador	Quito	EcoCiencia/ Abya Yala/ECORONA
Ortiz	P	2008	Páramos y agro: entre el colonialismo y las herencias neoliberales	Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador.	Mena	P	Ecuador	Ecuador	Ecociencia - Abya Yala
Ortiz	Doris	2003	Ecuador	Los páramos del mundo	Hofstede	Robert	Ecuador	Quito	UICN/GPI/Ecociencia
Pabón	José Daniel	2002	Viabilidad y el cambio climático y su efecto en los biomas de páramo	varios autores			Colombia	Bogotá	MMA, CAR, CI, IDEAM
Pabón Calcedo	José	2007	Cambio climático en Colombia. tendencias actuales y proyecciones para el siglo XXI	Memorias de la primera conferencia internacional de Cambio climático: Impacto en los sistemas de alta montaña.			Colombia	Bogotá	IDEAM - Universidad Zurich
Podwojewski	Pascual	2011	Los suelos de los páramos de Ecuador	Páramo, Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado. EcoCiencia/AbyaYala/ECORONA, Quito.	Mena-Vásconez	Patricio	Ecuador	Quito	EcoCiencia/ AbyaYala/ECORONA
Postigo	Julio	2012	Adaptación y vulnerabilidad de los sistemas productivos andinos.	Panorama andino sobre cambio climático	Cuesta	Francisco	Ecuador	Quito	CONDESAN - SGCAN
Puma	Michael J.		Climate-Change Profiles for the Capital Region of Bogotá, Cundinamarca, Colombia	Proyecto Plan Regional Integral de Cambio Climático Region Capital, Bogotá-Cundinamarca			Colombia		PRICC

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (CAPÍTULO)	TÍTULO (LIBRO)	APELLIDO EDITOR	NOMBRE(S) EDITOR	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Ramírez	Mónica Patricia	2010	Iniciativas de Adaptación en los Páramos de Anáime y Chili Departamentos del Quindío y Tolima	Experiencias de adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña (páramos y bosques de niebla) en los Andes del Norte. Memorias del Taller Regional.	Franco	Lorena	Colombia	Bogotá	WWF, MAVDT, IDEAM y Fundación Humedales
Recharte	J	1999	Los Páramos Altamente Diversos del Ecuador. Ecología Política de una Ecorregión	Los páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas	Mena Vásconez	Patricia	Ecuador	Quito	Abya Yala
Recharte	J	1999	Los Páramos Altamente Diversos del Ecuador. Ecología Política de una Ecorregión	Los páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas	Mena Vásconez	Patricia	Ecuador	Quito	Abya Yala
Rodríguez	Fernando	2011	Reconstrucción de la dinámica de la vegetación, fuego y clima desde el cuaternario tardío en el Parque nacional Podocarpus y sus alrededores, Ecuador	Paramundi. Memorias del 2do congreso mundial de páramos.	Maldonado	Gabriela	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ruiz Carrascal	Daniel	2011	Estudio del recurso hídrico en la alta montaña frente a condiciones climáticas cambiantes. Estudio de caso: cuenca alta río Claro, Parque Nacional Natural Los Nevados	Paramundi. Memorias del 2do congreso mundial de páramos.	Maldonado	Gabriela	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Ruiz Carrascal	Daniel	2012	Aumento del estrés climático en los ecosistemas altoandinos de la cordillera central colombiana	Cambio climático y biodiversidad en los Andes tropicales	Herzog	Sebastián	U.S.		IAI, Fundación MacArthur, SCOPE

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (CAPÍTULO)	TÍTULO (LIBRO)	APELLIDO EDITOR	NOMBRE(S) EDITOR	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Ruiz Murcia	José Franklyn	2010	Escenarios de Cambio Climático en Colombia	Experiencias de adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña (páramos y bosques de niebla) en los Andes del Norte. Memorias del Taller Regional.	Franco	Lorena	Colombia	Bogotá	WWF, MAVDT, IDEAM y Fundación Humedales
Salgado-Labouriau	M L	1980	Palaeoecología de los páramos venezolanos	Estudios ecológicos de los páramos andinos. Regional.	Monasterio	M	Venezuela	Mérida	Universidad de los Andes
Sánchez	Pablo	2003	Perú	Los páramos del mundo	Hofstede	Robert	Ecuador	Quito	UICN/GPI/Ecociencia
Sarmiento	L	2002	Balancing Conservation of Biodiversity and Economic Profit in the High Venezuelan Andes: Is Follow Agriculture an Alternative?	Mountain Biodiversity - A global assessment.	Köhner	C	Reino Unido	London	Parthenon Publisher
Schulze	Klaus	2010	Medidas de Adaptación en la Alta Montaña de Colombia Programa Nacional de Adaptación al Cambio Climático (NAP), Componente B Alta Montaña Caso Piloto Chingaza	Experiencias de adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña (páramos y bosques de niebla) en los Andes del Norte. Memorias del Taller Regional.	Franco	Lorena	Colombia	Bogotá	WWF, MAVDT, IDEAM y Fundación Humedales
Urbina	Nicolas	2010	Distribución actual y futura de anfibios y reptiles con potencial invasor en Colombia: una aproximación usando modelos de nicho ecológico	Diversidad y Cambio Climático	Varela	Amanda	Colombia	Bogotá	IDEAM, INAP
Van der Hammen	Thomas	2002	Diagnóstico, cambio global y conservación	Congreso mundial de páramos. Memorias	varios autores		Colombia	Bogotá	MM.A, CAR, CI, IDEAM

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (CAPÍTULO)	TÍTULO (LIBRO)	APELLIDO EDITOR	NOMBRE(S) EDITOR	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Van der Hammen	T	1986	Development of the high andean páramo flora and vegetation.	High altitude tropical biogeography	Vuilleumier	F	Reino Unido	Oxford	Oxford University Press
Van der Hammen	T	1998	Páramos	Diversidad biológica: Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad, Colombia.	Chaves	M E	Colombia	Bogotá	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Vázquez	M A	2000	Páramos en áreas protegidas: el caso del Parque Nacional Podocarpus	La biodiversidad de los páramos. Serie páramo 7	Josse	C	Ecuador	Quito	Abya Yala-GTP
Velásquez R	Cesar A.	2011	Dinámica de la vegetación paramuna de Colombia: caso páramo de Frontino	Paramundi. Memorias del 2do congreso mundial de páramos.	Maldonado	Gabriela	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Vergara	Walter	2009	Climate hotspots: climate induced ecosystem damage in Latin America.	Assesing the potential consequences of climate destabilization in Latin America. Latin America and Caribbean Region Sustainable Development Working Paper 32	Vergara	Walter	USA	Washington D.C.	World Bank
Villacis	Marcos	2011	¿Por qué estudiar la interacción entre los aportes de agua de origen glaciar y del páramo en cuencas hidrográficas del Ecuador?	Paramundi. Memorias del 2do congreso mundial de páramos.	Maldonado	Gabriela	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Werner	Florian A	2013	Climate Change: effects on biodiversity and ecosystem functioning	Ecosystem services, biodiversity and environmental change in a tropical mountain ecosystem of South Ecuador. Ecological Studies 221.	Bendix	Jörg	Alemania	Heidelberg	Springer

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

APELLIDO AUTOR	NOMBRE(S) AUTOR	AÑO	TÍTULO (CAPÍTULO)	TÍTULO (LIBRO)	APELLIDO EDITOR	NOMBRE(S) EDITOR	PAÍS DE PUBLICACIÓN	CIUDAD DE PUBLICACIÓN	CASA EDITORIAL
Van der Hammen	T	1986	Development of the high andean páramo flora and vegetation.	High altitude tropical biogeography	Vuilleumier	F	Reino Unido	Oxford	Oxford University Press
Van der Hammen	T	1998	Páramos	Diversidad biológica: Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad, Colombia.	Chaves	M E	Colombia	Bogotá	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Vázquez	M A	2000	Páramos en áreas protegidas: el caso del Parque Nacional Podocarpus	La biodiversidad de los páramos. Serie páramo 7	Josse	C	Ecuador	Quito	Abya Yala-GTP
Velásquez R	Cesar A.	2011	Dinámica de la vegetación paramuna de Colombia: caso páramo de Frontino	Paramundi. Memorias del 2do congreso mundial de páramos.	Maldonado	Gabriela	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Vergara	Walter	2009	Climate hotspots: climate induced ecosystem damage in Latin America.	Assesing the potential consequences of climate destabilization in Latin America. Latin America and Caribbean Region Sustainable Development Working Paper 32	Vergara	Walter	USA	Washington D.C.	World Bank
Villacis	Marcos	2011	¿Por qué estudiar la interacción entre los aportes de agua de origen glaciar y del páramo en cuencas hidrográficas del Ecuador?	Paramundi. Memorias del 2do congreso mundial de páramos.	Maldonado	Gabriela	Ecuador	Quito	CONDESAN, Ministerio del Ambiente del Ecuador
Werner	Florian A	2013	Climate Change: effects on biodiversity and ecosystem functioning	Ecosystem services, biodiversity and environmental change in a tropical mountain ecosystem of South Ecuador. Ecological Studies 221.	Bendix	Jörg	Alemania	Heidelberg	Springer

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

ARTICULOS EN REVISTAS

Apellido Autor	Nombre (s) autor	Año	Título (artículo)	Título (revista)	Volumen	Número	Rango de páginas
Abadín	S	2002	Successional dynamics of soil characteristics in a long fallow agricultural system of the High Tropical Andes	Soil Biology and Biochemistry	34		1739-1748
Araujo	Hilda	2009	Estrategias de adaptación ante el cambio climático en las comunidades campesinas de la parte alta de la cuenca del río Suches	Tecnología y Sociedad. Revista Latinoamericana	8		65-81
Araujo	M	2006	How Does Climate Change Affect Biodiversity	Science	313		1396-1397
Armitage	D	2011	Co-management and the co-production of knowledge: learning to adapt in Canada's Arctic	Global Environmental Change	21		995-1004
Azac	V	2011	Distribución de formas de vida de plantas en el límite superior del ecotono bosque-páramo en los Andes Tropicales	Ecotrópicos	42	1	26-46
Azaroff	M	2000	Deforestation impact on water dynamics in a Venezuelan Andean cloud forest	Ambio	29		440-444
Bader	Y W	2007	Vegetation structure and temperature regimes of tropical alpine treelines	Arctic, Antarctic, and Alpine Research	39		353-364
Bader	Y W	2007	High solar radiation hinders tree establishment above the alpine treeline in northern Ecuador	Plant Ecology	191		33-45
Bader	M Y	2008	A topography-based model of forest cover at the alpine tree line in the tropical Andes	Journal of Biogeography	35		711-723
Beniston	W	1991	Climatic change at high elevation sites: a review	Climatic Change	36		233 - 251
Björnsen Gurung	Asiya	2012	Global change and the world's mountains - research needs and emerging themes for sustainable development. A synthesis from the 2010 Perth II conference	Mountain Research and Development	32	1	47 - 54

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

Apellido Autor	Nombre(s) autor	Año	Título (artículo)	Título (revista)	Volumen	Número	Rango de páginas
Bogold	R G	2011	Rapid climate change from north Andean Lake Titicaca pollen records driven by obliquity: implications for a basin-wide biogeographic zonation	Quaternary Science Reviews	30	23-24	3321-3337
Boon	A	2001	High altitude C4 grasslands in the northern Andes: relicts from glacial conditions?	Review of Palaeobotany and Palynology	115	3-4	147-160
Bradley	R S	2009	Recent changes in freezing level heights in the tropics with implications for the deglaciation of high mountain regions	Geophysical Research Letters	36		L17701
Briceno	B	2002	Catálogo Abreviado de las plantas con flores de los páramos de Venezuela. Parte I. Dicotiledóneas (MAGNOLIOPSIDA)	Acta Botanica Venezuelica	25	1	1 - 46
Bury	J	2013	New geographies of water and climate change in Peru: Coupled natural and social transformations in the Santa River watershed	. Annals of the Association of American Geographers	103		363-374
Buytaert	Wouter	2011	Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions	Global Ecology and Biogeography	20		10 - 33
Buytaert	Wouter	2010	Uncertainties in climate change projections and regional downscaling in the tropical Andes: Implications for water resources management.	Hydrology and Earth System Sciences	14		1247 - 1258
Buytaert	Wouter	2002	Impact of land use changes on the hydrological properties of volcanic ash soils in South Ecuador	Soil Use and Management	18		94 - 100
Buytaert	Wouter	2006	Human impact on the hydrology of the Andean páramos	Earth science reviews	79		53 - 72
Buytaert	W	2007	The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo	Forest Ecology and Management	251	01-Feb	22 - 30
Buytaert	W	2012	Water for cities: The impact of climate change and demographic growth in the tropical Andes	Water Resources Research	48	8	W08S03
Buytaert	Wouter	2006	Spatial and temporal rainfall variability in mountainous areas: A case study from the South Ecuadorian Andes	Journal of Hydrology	329		413-421
Buytaert	Wouter	2009	Predicting climate change impacts on water resources in the tropical Andes: Effects of GCM uncertainty	GEOGRAPHICAL RESEARCH LETTERS	36		
Buytaert	Wouter	2006	Historiología del páramo andino: Propiedades, importancia y vulnerabilidad				26

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

Apellido Autor	Nombres autor	Año	Título (artículo)	Título (revista)	Volumen	Número	Rango de paginas
Buyfeler	W	2002	The influence of land use changes on the hydrological properties of volcanic ash soils in South Ecuador	Soil Use and Management	18		94-100
Cabanello	Ana	2008	Soil CO2 Emissions from Northern Andean Páramo Ecosystems: Effects of Fallow Agriculture	Environmental Science and Technology	42	5	1408 - 1415
Cáceres	Bolivar	2006	El glaciar 15 del Antisana, investigaciones glaciológicas y su relación con el recurso hídrico. Climate Variability and Change—Hydrological Impacts.	Climate Variability and Change—Hydrological Impacts	308		4
Cáceres	Rafael	2007	Movimiento límite de los bosques de Polypais en relación al retroceso glaciar en la microcuenca Quilcay-Ancashi	Geographica	1-2		183-206
Cáceres Castellanos	Yolanda Karina	2011	¿Cómo responde la especie leñosa Vaccinium Meridionale a la temperatura en su límite altitudinal de distribución en Los Andes Tropicales?	Ecológicos	42	1	3 - 12
Caldwell	M M	1980	A steep latitudinal gradient of solar ultraviolet B radiation in the arctic-alpine life zone	Ecology	61	3	606-611
Carter	A L	2011	Colacacheños and Otavaleños: Local Perceptions of Sacred Sites for Fandscape Conservation in Highland Ecuador	Journal of Human Ecology	35	1	61-70
Cauvy-Fraunlé	Sophie	2013	Glacial flood pulse effects on benthic fauna in equatorial high-Andean streams	HYDROLOGICAL PROCESSES			
Céleri	Rolando	2009	The Hydrology of Tropical Andean Ecosystems: Importance, Knowledge Status, and Perspectives	Mountain Research and Development	29	4	350 - 355
Chimner	R A	2008	Long-term carbon accumulation in two tropical mountain peatlands, Andes Mountains, Ecuador	Mires and Peat	3		1 - 10
Colinet-Daoge	François	1967	Caractéristiques de quelques sols d'après le régime de cendres volcaniques : 1ère partie Essai de caractérisation des sols des régions tropicales humides	Cahiers ORSTOM, série Pédologie	5	1	3 - 38
Condor	L	1102	Modelling the hydrologic role of glaciers within a Water Evaluation and Planning System (WEAP): a case study in the Rio Santa watershed (Peru)	Hydrology and Earth System Sciences Discussions	8		867 - 916
Conreres	D V	2010	Landscape and environment: insights from the prehispanic Central Andes	J Archaeol Res	18		241-288

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

Apellido Autor	Nombres(s) autor	Año	Título (artículo)	Título (revista)	Volumen	Número	Rango de paginas
Coutecux	M M	2002	Decomposition of standard plant material along an altitudinal transect (6.5-3968 m) in the tropical Andes	Soil Biology and Biochemistry	34		69-78
Crespo	Polifacio	2010	Land use change impacts on the hydrology of wet andean páramo ecosystems	IAGS Publications	336		71 - 76
Crespo	Polifacio Javier	2011	Identifying controls of the rainfall-runoff response of small catchments in the tropical Andes (Ecuador)	Journal of Hydrology	407		164 - 174
Quintrecasas	J	1958	Aspectos de la vegetación natural de Colombia	Rev. Acad. Col. Ci. Exac.	10	40	221-264
Davidson	Eric A	2006	Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change	Nature	440		165-173
Dahn	Marlin	1995	An Evaluation of soil conservation Techniques in the Ecuadorian Andes	Mountain Research and Development	15	2	175-182
Dercon	G	2007	Anthropowered tillage erosion assessment in the southern Andes region of Ecuador	Geomorphology	87		4-15
Di Pasquale	Gaetano	2008	The Holocene tree-line in the northern Andes (Ecuador): First evidence from soil charcoal.	Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology	259	1	17-34
Ealis	John	2009	Organización Social Y Tecnológica de la Agricultura Andina para la Adaptación al Cambio Climático en Cuencas Hidrográficas.	Tecnología Y Sociedad, Revista Latinoamericana	8		12 - 32
Esiva	J A	2001	Proyecto "Proyecciones climáticas e impactos socioeconómicos del cambio climático en Colombia"	Metereología colombiana	3		1 - 8
Eliet	Andrés	2000	Serie de varios sistemas agrícolas: Andean forest and farming systems in part of the eastern cordillera (Colombia)	Mountain Research and Development	20	3	236 - 245

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

Apellido Autor	Nombre(s) autor	Año	Título (artículo)	Título (revista)	Volumen	Número	Rango de paginas
Fabian	Peter	2005	Biomass burning in the Amazon – fertilizer for the mountaineous rain forest in Ecuador.	Environ Sci Pollut Res	12		290-296, 729 - 739
Farley	Kathleen A	2004	Soil organic carbon and water retention after conversion of grasslands to pine plantations in the ecuadorian Andes	Ecosystems	7		281 - 290
Farley	Kathleen A	2004	Effects of afforestation of a páramo grassland on soil nutrient status	Forest Ecology and Management	195	4	755 - 771
Farley	Kathleen A	2007	Grasslands to tree plantations: forest transition in the Andes of Ecuador	Annals of the Association of American Geographers	97		21 - 27
Farley	Kathleen A	2013	Changes in carbon storage under alternative land uses in biodiverse Andean grasslands: implications for payment for ecosystem services	Conservation Letters	6		783 - 791
Feeley	Kenneth J	2011	Upslope migration of Andean trees	Journal of Biogeography	38		9 - 25
Fehse	Jan	2002	High altitude tropical secondary forests: a competitive carbon sink?	Forest Ecology and Management	163		35-45
Flórez	A	1992	Glaciares residuales de Colombia. Enfoque histórico y geosituación actual.	Zenit	3		163-171
Foerster	Joppa	2010	Constraints to species' elevational range shifts as climate changes	Conservation Biology	25		415
Franco	B	2005	Glacier shrinkage and water resources in the Andes	EOS Trans Am Geophys Union	86		230--243
Fyfe	J C	1991	Enhanced climate change and its detection over the Rocky Mountains	Journal of Climate	12		60-69
García-Meneses	Maria Claudia	2012	Variedad climática, cambio climático y recurso hídrico en Colombia	Revista de Ingeniería	36		516 - 523
Gearheard	P M	2012	Pollinator response to within-patch spatial context determines reproductive output of a giant rosette plant	Basic and Applied Ecology	13		267-294
	S	2010	Linking inuit knowledge and meteorological station observations to understand changing wind patterns at Clyde River, Nunavut	Climatic Change	101		

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

Apellido Autor	Nombre(s) autor	Año	Título (artículo)	Título (revista)	Volumen	Número	Rango de paginas
González	W	2011	Dinámica sucesional del componente arbóreo en la zona de transición entre el bosque-páramo en los Andes Tropicales	Ecotrópicos	42	1	60-79
Grabherr	Georg	2010	Climate change impacts in alpine environments	Geography Compass	4	8	1133 - 1153
Groot	M H M	2011	Ultra-high resolution pollen record from the northern Andes reveals rapid shifts in montane climates within the last two glacial cycles	Climate of the Past	7		299-316
GUTIÉRREZ	Raymundo	2009	Propuestas de adaptación tecnológica del cultivo de papas nativas frente al cambio climático en Cusco y Ancash	Tecnología y Sociedad. Revista Latinoamericana			
Harden	Carol	2013	Effects of land-use change on water in Andean Páramo Grassland Soils	Annals of the Association of American Geographers	102	2	375-384
Harden	C P	2006	Human impacts on headwater fluvial systems in the northern and central Andes	Geomorphology	79	3--4	249-263
Hernández Camacho	J I	1992	Unidades biogeográficas de Colombia	Acta Zoológica Mexicana	Volumen especial		105-152
Hess	C G	1990	Moving up, moving down. Agro-pastoral land use patterns in Ecuadorian páramos.	Mount. Res. & Dev.	103		33-342
Hijmans	Robert J	2003	The effect of climate change on global potato production	American Journal of Potato Research	80		271 - 280
Hofstede	Robert G M	2002a	Impact of pine plantations on soils and vegetation in the Ecuadorian high Andes	Mountain Research and Development	22	2	159 - 167
Hofstede	Robert	2002b	El estado de conservación de los páramos de poljal en el Ecuador	Ecotrópicos	15	1	3 - 18
Hofstede	Robert	2004	El estado de salud de los páramos: un esfuerzo para relacionar la ciencia con la práctica de manejo sostenible	Lyonia	6	1	61 - 73
Hofstede	R G M	1995a	Effects of livestock farming and recommendations for management and conservation of páramo grasslands (Colombia)	Land Degradation & Rehabilitation	6		133-147
Hooqhemstia	H	2004	Quaternary ice-age dynamics in the Colombian Andes: developing an understanding of our legacy	Philosophical Transactions of the Royal Society London	B 359		173-181

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

Apellido Autor	Nombre(s) autor	Año	Título (artículo)	Título (revista)	Volumen	Número	Rango de páginas
Llambí	LD	2003	Ecophysiology of Dominant Plant Species during Old-Field Succession in a High Tropical Andean Ecosystem	Arctic, Antarctic, and Alpine Research	25	4	447-453
Lozano	Pilar	2010	Reseña del proyecto Pobladores Tradicionales de Páramo: Interlocutores en la conservación	Revista nómadas	32		272 - 274
Madridán	S	2013	Páramo is the world's fastest evolving and coolest biodiversity hotspot	Frontiers in Genetics	4	192	doi: 10.3389/fgene.2013.00192
Marchant	R	2004	Vegetation disturbance and human population in Colombia – a regional reconstruction	Antiquity	78		828-838
Marín	A	2010	Riders under storms: contributions of nomadic herders' observations to analysing climate change in Mongolia	Global Environmental Change	20		162-176
Mark	B G	2007	Tracing increasing tropical Andean glacier melt with stable isotopes in water	Environmental Science and Technology	41		6955 - 6960
Morales Betancourt	Juan Alejandro	2006	El páramo: ¿ecosistema en vía de extinción?	Lunazul			
Moser	G	2011	Elevation effects on the carbon budget of tropical mountain forests (S Ecuador): the role of the belowground compartment	Global Change Biology	17		2211-2226
Mulligan	Mark	2010	The Andes basins: biophysical and developmental diversity in a climate of change	Water International	35	5	472-479
Murra	Jhon	2004	El Mundo Andino: Población, Medio Ambiente y Economía.	Chungara Revista de Antropología Chilena	36	1	241-245
Murra	J	2002	El Mundo Andino: Población, Medio Ambiente y Economía	Chungara Revista de Antropología Chilena	36	1	241-245
Nierop	KGJ	2007	Organic Matter in Volcanic Ash Soils under Forest and Páramo along an Ecuadorian Altitudinal Transect	Soil Science Society of America Journal	71	4	1119-1127
Oriove	Benjamin S.	2004	Fitoclimatología de los Andes	Investigación y Ciencia	303		77 - 85
Rabón	Jose	2004	Cambio climático y sus manifestaciones en Colombia	Innovación y ciencia	11	3 - 4	68-73
Pabón Caicedo	Jose	2012	Cambio climático en Colombia: tendencias en la segunda mitad del siglo XX y escenarios posibles para el siglo XXI	Revista de la Academia Colombiana de Ciencias	36	139	261-278
Parnesan	C	2003	A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems	Nature	421		37 - 42

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

Apellido Autor	Nombre(s) autor	Año	Título (artículo)	Título (revista)	Volumen	Número	Rango de páginas
Huntington	T G	2006	Evidence for intensification of the global water cycle: review and synthesis	Journal of Hydrology	319		83-95
Ivanova	Yulia	2012	Evolución de la precipitación en la altiplanicie cundiboyacense: ¿tendencia o ciclos?	Revista Épsilon	18		1 - 4
Jahn	A	1931	Los páramos Venezolanos: sus aspectos físicos y su vegetación	Bol. Soc. Ven. Ci. Nat	2		134-172
Jansen	B	2008	Characteristic straight-chain lipid ratios as a quick method to assess past forest-páramo transitions in the Ecuadorian Andes	Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology	262		129-139
Jantz	Nele	2012	A Holocene environmental record reflecting vegetation, climate, and fire variability at the Páramo of Quimsacocha, southwestern Ecuadorian Andes	Veget Hist Archaeobot	21		169 - 185
Jørgensen	P W	2000	Biodiversity and Conservation in the Andes.	Annals of the Missouri Botanical Garden	96	3	369-520
Junt	I	2000	Modeling observed and future runoff from a glacierized tropical catchment (Cordillera Blanca, Peru)	Glob Planet Change	59		37-48
Kaftan	G	2004	Range fragmentation in the spectacled bear <i>Tremarctos ornatus</i> in the northern Andes	Oryx	38	2	155-163
Keating	P I	2008	The floristic composition and biogeographical significance of a megadiverse paramo site in the southern Ecuadorian Andes	Journal of the Torrey Botanical Society	135	4	554-570
Keating	P I	1998	Effects of anthropogenic disturbances on Páramo vegetation in Podocarpus national Park, Ecuador	Physical Geography	19		221-238
Korovkin	I	1997	Indigenous peasant struggles and the capitalist modernization of agriculture: Chimborazo, 1964-1991	Latin American Perspectives	24	3	25-49
Lauer	Wilhelm	0002	Páramo de Papallacta	Erdkunde	54		20 - 33
Leon	Jean Alexander	0102	Estrategias migratorias ante el cambio climático en fincas ganaderas altoandinas del departamento de Nariño	Revista Unimar	59		23-38
Llambí	Jóni	2005	Participatory planning for biodiversity conservation in the high tropical Andes: are farmers interested?	Mountain Research and Development	25	3	200-205
Llambí	D I	8661	Biomasa microbiana y otros parámetros edáficos en una meso-zona de páramo de los páramos venezolanos	Ecotrópicos	11		1 - 14

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

Apellido Autor	Nombre(s) autor	Año	Título (artículo)	Título (revista)	Volumen	Número	Rango de paginas
Pauli	H	2007	Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994-2004) at the GLORIA-master site Schrankogel, Tyrol, Austria. Glob	Change Biol	13		147-156
Peñuelas	J	2003	A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain)	Glob Change Biol	9		131-140
Pérez	F L	1987	Soil moisture and the upper altitudinal limit of giant paramo rosettes	Journal of Biogeography	14		173-186
Pérez	Carlos	2010	Climate Change in the High Andes: Implications and Adaptation Strategies for Small-scale Farmers	The International Journal of Environmental, Cultural, Economic, And Social Sustainability	6		
Podwojewski	P	2002	Overgrazing effects on vegetation cover and volcanic ash soil properties in the paramo of Llangatua and La Esperanza (Lungurahua, Ecuador)	Soil Use and Management	18		45-55
Postigo	Julio C	2008	Change and continuity in a pastoralist community in the high peruvian Andes	Human Ecology	36		535 - 551
Poulenard	J	2004	Water repellency of volcanic ash soils from Ecuadorian paramo: effect of water content and characteristics of hydrophobic organic matter	European Journal of Soil Science	55		487-496
Poveda	G	2009	Reassessment of Colombia's tropical glaciers retreat rates: are they bound to disappear during the 2010-2020 decade?	Advances in Geosciences	22		107 - 116
Price	J S	2000	Advances in Canadian wetland hydrology and biogeochemistry	Hydroil. Process	14		1579-1589
Pugh	J	2008	Retos y oportunidades de los conflictos humanos y la transformación ambiental en las montañas de Ecuador	Pirineos	191		63 - 75
Ramírez	L	2002	Vegetation structure along the forest-paramo transition belt in the Sierra Nevada de Mérida: Implications for understanding treeline dynamics.	Ecotrópicos	22	2	83-98
Ramsay	P M	2001	An assessment of aboveground net primary productivity in Andean grasslands of central Ecuador	Mountain Research and Development	12	2	161 - 191
Ramsay	P M	1996	Fire temperatures and postfire plant community dynamics in Ecuadorian grass paramo	Vegetatio	124		129-144
Rhoades	Robert	2008	Desaparición del glaciar Mama Calacachi: investigación etnoecológica y cambio climático en los Andes de Ecuador.	Pirineos	191		37-50

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

Apellido Autor	Nombre(s) autor	Año	Título (artículo)	Título (revista)	Volumen	Número	Rango de paginas
Richer	Michael	2005	Heterogeneidad climática y diversidad de la vegetación en el sur de Ecuador: un método de fitodiversidad.	Revista Peruana de Biología	2	2	217-238
Robinecu	Ophélie	2010	Integrating farming and páramo conservation: a case study from Colombia	Mountain Research and Development	30	3	212 - 221
Ruiz	Daniel	2012	Trends, stability and stress in the Colombian Central Andes	Climatic Change	112		717 - 732
Ruiz	Daniel	2008	Changing climate and endangered high mountain ecosystems in Colombia	Science of the total environment	398		122 - 132
Saizinas	Cristian	2013	Caracterización de los lepidópteros filófagos asociados a la herbivoría de ratleñones en la microcuenca de la quebrada Calastos del Parque Nacional Natural Chingaza	Mutis. Revista de la Universidad Jorge Iaddeo Lozano	3	1	
Sanz-Eloiza M	M	2003	Changes in the high mountain vegetation of the Central Iberian Peninsula as a probable sign of global warming.	Ann Bot	92		273-280
Sarmiento	Lina	2000	Water balance and soil loss under long fallow agriculture in the Venezuelan Andes	Mountain Research and Development	20	3	246 - 253
Sarmiento	Lina	1993	Ecological bases, sustainability, and current trends in traditional agriculture in the Venezuelan high Andes	Mountain Research and Development	13	2	167 - 176
Sarmiento	Fausto O	2002	Anthropogenic change in the landscapes of highland Ecuador	The geographical review	92	2	213 - 234
Sarmiento	L	2003	Vegetation patterns, regeneration rates and divergence in an old-field succession of the high tropical Andes	Plant Ecology	166		63 - 74
Sarmiento	F O	2008	Andes Mountains and Human Dimensions of Global Change: An Overview	Pirineos	163		7 - 13
Sarmiento	Fausto	2002	Andean cloud forest treelines: naturalness, agriculture and the human dimension.	Journal of Biogeography	15		681-692
Sarmiento	Fausto	1999	Distribution patterns of páramo plants in Ecuador	Arctic, Antarctic and Alpine Research	35	1	1 - 17
Skleno	P	2003	Rain-shadow in the high Andes of Ecuador evidenced by páramo vegetation	Diversity and distributions 7	7		113-124
Skleno	P	2001	Diversity of zonal páramo plant communities	Annual review of ecology and systematics	18		137-158
Smith	A P	1987	Tropical alpine plant ecology	Brittonia	1		479-530
Smith	A C	1935	The genus Espeletia: a study in phylogenetic taxonomy				

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

Apellido Autor	Nombres(s) autor	Año	Título (artículo)	Título (revista)	Volumen	Número	Rango de páginas
Sømme	L	1996	Adaptations of insects at high altitudes of Chimborazo, Ecuador	Eur. J. Entomol.	93		313-318
Speziale	K L	2008	Disturbance from roads negatively affects Andean condor habitat use	Biological Conservation	141	7	1765-1772
Suárez del Moral,	Patricia	2011	Modelo espacial de distribución del ecorono bosque-páramo en Los Andes venezolanos. Ubicación potencial y escenarios de cambio climático	Ecostrópicos	42	1	80 - 91
Tejedor Garavito	N	2012	Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales	Ecosistemas	21	1-2	148-166
Thullier	W	2005	Climate change threats to plant diversity in Europe. Proceedings of the National Academy of Sciences USA	. Proceedings of the National Academy of Sciences USA	102		8245--8250.
Tonneijck	F H	2010	Towards understanding of carbon stocks and stabilization in volcanic ash soils in natural Andean ecosystems of northern Ecuador	European Journal of Soil Science	19		392-405
Tovar	Carolina	2013	Diverging Responses of Tropical Andean Biomes under Future Climate Conditions	PLOS ONE	8	5	e63634
Tovar	Carolina	2013	Diverging Responses of Tropical Andean Biomes under Future Climate Conditions	Plos One	8	5	1 o 12
Urrutia	R	2009	Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century.	Journal of Geophysical Research	114		D02108
Van der Hammen	T	1974	The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America	Journal of Biogeography	1		3 - 26
Van Wessenbeek	B K	2003	Strong effects of a plantation with Pinus patula on Andean subparamo vegetation: a case study from Colombia.	Biological Conservation	111		207-218
Vanacker	V	2007	Spatial variation of suspended sediment concentrations in a tropical Andean river system: The Poute River, southern Ecuador	Geomorphology	78	2-1	53-67
Varela	L F	2008	La alta montaña de los Andes del norte: páramo, un ecosistema antitropical	Prineos	93		85-95

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

Apellido Autor	Nombres(s) autor	Año	Título (artículo)	Título (revista)	Volumen	Número	Rango de páginas
Vaigias	O	1997	Un modelo de sucesión-regeneración de los páramos después de quemas	Catista	19		331-345
Vaigias Rios	O	2011	Restauración ecológica: biodiversidad y conservación	Acta biol. Colombia	16	2	221 - 246
Vergara	Walter	2007	Economic impacts of rapid glacier retreat in the Andes	EOS	88	25	261 - 264
Viviroli	Daniel	2011	Climate change and mountain water resources: overview and recommendations for research, management and policy	Hydrology and Earth System Sciences	15		471 - 504
Vuille	M	2008	Climate change and tropical Andean glaciers: past, present and future	Earth science reviews	89		79 - 96
Vuille	M	2000	Mean temperature trends y their vertical structure in the tropical Andes	Geophysical Research Letters	27		3885-3888
Waddington	J M	2000	Carbon balance of a boreal patterned peatland.	Global Change Biology	6		87-97
Weathrhead	E	2010	Changes in weather persistence: insight from Inuit knowledge.	Global Environmental Change	20		523-528
Weng	C	2006	Deglaciation and Holocene climate change in the western Peruvian Andes.	Quaternary Research	66		87-96
White	Stuart	2013	Grass páramo as hunter-gatherer landscape	The Holocene	23	6	898- 915
White	S	1991	The use and conservation of natural resources in the Andes of southern Ecuador.	Mountain Research and Development	11	1	37-55
Willie	M	2002	Upper forest line reconstruction in a deforested area in northern Ecuador based on pollen and vegetation analysis	Journal of Tropical Ecology	18		409-440
Winckell	Aldin	1991	Evolution du modèle quaternaire et des formations superficelles dans les Andes de l'Equateur : 1. Le volcanisme pyroclastique récent	Géodynamique	6	2	97-117
Young	K R	2009	Andean land use and biodiversity: Humanized landscapes in a time of change.	Annals of the Missouri Botanical Garden	96		492-507
Young	K R	2007	Causality of current environmental change in tropical landscapes.	Geography Compass	1		1299-1314

Anexo:
Bibliografía recopilada para la realización del estudio

Apellido Autor	Nombre(s) autor	Año	Título (artículo)	Título (revista)	Volumen	Número	Rango de paginas
Young	K R	2007	Tree-line changes along the Andes: Implications of spatial patterns and dynamics	Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences	362		263-272
Young	K R	2006	Adaptive governance and climate change in the tropical highlands of western South America	Climatic Change	78		63-102
Zehelner	F	2003	Pedogenesis of volcanic ash soils in Andean Ecuador	Soil Science Society of America	67	6	1797-1809
Zent	EL	2002	La cultura del frailejón y la papa: desandando los páramos venezolanos	Antropológica	97-98		3- 27
Zimmermann	M	2009	No Differences in Soil Carbon Stocks Across the Tree Line in the Peruvian Andes	Ecosystems	13		62-74



@Mónica Shah, Perú

El proyecto “Comunidades de los Páramos” busca contribuir a la conservación de los ecosistemas del páramo andino como unidad ecológica de especial importancia, tanto por los valores naturales y culturales que atesora como por las funciones ecosistémicas que cumple y que son de importancia vital para las poblaciones humanas localizadas en su área de influencia.

Para desarrollar esta estrategia se trabaja desde el conocimiento científico y la valorización del conocimiento tradicional para aumentar y consolidar las capacidades locales para ejercer incidencia política y social, así como la implementación de prácticas locales para la adaptación al cambio climático, con un enfoque de alcance regional que permita que el trabajo local, con sus avances, y los nuevos retos que surgen en la gestión de los páramos con los actores locales, se vea reflejado a este nivel.

El Proyecto Regional Comunidades de los Páramos es ejecutado por la Oficina Regional para América del Sur de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza e implementado, a nivel nacional, por las siguientes organizaciones: Tropenbos Internacional Colombia y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt en Colombia, la Fundación EcoCiencia en Ecuador y el Instituto de Montaña en Perú. Esta iniciativa se lleva a cabo con el financiamiento del Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia.

